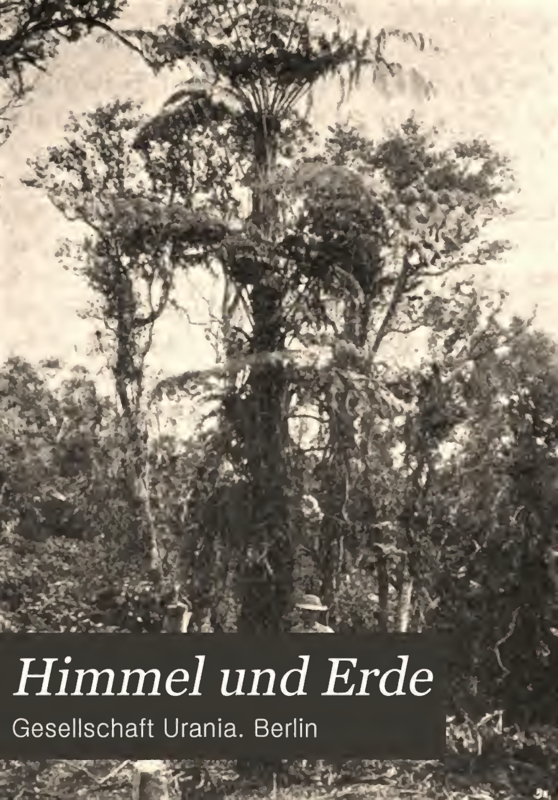


Himmel und Erde

Gesellschaft Urania. Berlin

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

- 1463 -

Himmel und Erde.

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift.

Herausgegeben

von der

GESELLSCHAFT URANIA ZU BERLIN.

Redakteur: **Dr. M. Wilhelm Meyer.**

VIII. Jahrgang.

BERLIN.

Verlag von Hermann Paetel.

1896.

Verzeichnis der Mitarbeiter

am VIII. Bande der illustrierten naturwissenschaftlichen Monatsschrift „Himmel und Erde".

Bebber, van, Prof. Dr., Abteilungsvorstand der Seewarte in Hamburg 242.

Biehl, Dr. A., Assistent am Astrophysikalischen Institute in Potsdam 519.

Brückner, Dr. E., Professor an der Universität in Bern 57.

Deckert, Dr. E., in Charlottesville, Va. 160.

Friedländer, Dr. B., in Berlin 41. 105.

Ginzel (*), F. K., Astronom am Recheninstitut der Kgl. Sternwarte in Berlin 54. 93. 95. 246. 297. 337. 481. 577.

Häpke, Dr. L., in Bremen 272.

Homann, Dr. H., in Berlin 55.

Keilhack, Dr. K., Kgl. Landesgeologe in Berlin 236.

Kny, Dr. L., Professor an der Universität in Berlin 441.

Koerber (Kbr.), Dr. F., Oberlehrer in Berlin 88. 143 149. 199. 247. 248. 273. 275. 276. 283. 335. 434. 439. 440. 486. 532. 535. 580.

Koppe, Dr. C., Professor am Polytechnikum in Braunschweig 153. 219. 316. 365.

Köppen, Dr. W., Professor an der Seewarte in Hamburg 529.

Lafswitz, Prof. Dr. K., in Gotha 1. 73. 131.

Lubarsch, Prof. Dr. O., in Berlin 292.

Mayer, E., in Berlin 511.

Meyer (M. W. M.), Dr. M. Wilhelm, Direktor der Urania in Berlin 15.

Müller, Dr. C., Professor an der technischen Hochschule in Charlottenburg 171. 403. 463. 497. 553.

Odernheimer, Dr. E., in Stuttgart 393.

Samter (Sm.), Dr. H., in Berlin 52. 98. 146. 181. 188. 341. 385. 391. 436. 516. 522. 523. 574. 581. 584.

Scheiner, Dr. J., Professor an der Universität in Berlin und Astronom am Kgl. Observatorium in Potsdam 260.

Schultz, A., in Hamburg 379. 418.

Schwahn (Schw.), Dr. P., Abteilungsvorstand der Urania in Berlin 429.

Spiefs (Sp.), Dr. P., Abteilungsvorstand der Urania in Berlin 103. 104. 151. 191. 249. 489. 535.

Stadthagen (Stg.), Dr. H., in Berlin 200. 243. 278. 343. 343. 344. 485. 487. 533.

Süring (Sg.), Dr., Assistent am Meteorologischen Observatorium in Potsdam 56. 389. 483.

Thiele, Dr. G., in Berlin 201.

Volkmann, Dr. P., Professor an der Universität in Königsberg 345.

Witt (G. W.), G., Astronom an der Urania in Berlin 190. 199. 293. 584.

Zwink, Dr. E., in Berlin 431.

Inhalt des achten Bandes.

Essais.

Bibliographisches.

Den mit einem * versehenen Artikeln sind erläuternde Abbildungen beigegeben.

Namen- und Sachregister

zum achten Bande.

Himmel und Erde
Gesellschaft Urania Berlin

Aus der Geschichte der Weltseele.

Von **Kurd Laſswitz**.

I. Plato und die Naturwissenschaft.

Wann es war, weiſs ich nicht mehr genau, aber ich war bereits so alt, daſs ich das Einmaleins ganz gut auswendig wuſste, und doch noch ein so kleiner Junge, daſs ich mich sehr über die Tüte voll Zuckerplätzchen freute, die ich geschenkt bekommen hatte. Wie viele davon ich schon verspeist hatte, weiſs ich auch nicht mehr, und ich fürchte, daſs diese interessante Thatsache der Geschichtsforschung ewig verhüllt bleiben wird; aber daran knüpfte sich etwas Anderes, was ich nicht vergessen habe, weil es mir einen unauslöschlichen Eindruck machte, obwohl es etwas durchaus Selbstverständliches war. Ich kam nämlich auf den nicht fern liegenden Gedanken nachzusehen, wie viel Plätzchen ich noch übrig habe, und zu diesem Zweck lieſs ich sie auf dem Tische in wohlgeordneten Reihen aufmarschieren, bis sie ein richtiges Rechteck bildeten. Und nun fing ich an zu zählen und war schon bis in die Zwanzig gekommen; da ging jemand am Tische vorbei, warf einen Blick auf meine Schlachtordnung und sagte: „Du hast ja vierzig Stück!" Ich fragte erstaunt: „Wie kannst Du das so schnell zählen?" „Nun, es sind doch in jeder Reihe fünf, nun zähle ich bloſs die Reihen, sind acht, und fünfmal acht giebt vierzig." Dies imponierte mir ungeheuer, ich traute aber doch nicht recht und zählte weiter; es waren wirklich vierzig. Ich wunderte mich und fragte: „Woher kommt denn das?" Da mir aber niemand mehr Antwort gab, so spielte ich weiter, nahm aus jeder Reihe ein Plätzchen fort und bildete daraus zwei neue Reihen. Nun waren doch bloſs noch vier in jeder Reihe, und ich konnte mir nicht vorstellen, wie die Rechnung wieder stimmen

könne; aber wahrhaftig ich zählte jetzt zehn Reihen, und vier mal zehn ist vierzig; das wufste ich. Ich begann je sechs in eine Reihe zu legen, da bekam ich sechs Reihen und behielt vier Stück übrig, die ich passenderweise in den Mund steckte. Nun konnte es doch nicht stimmen? Sechsmal sechs giebt 36; ich zählte nach, und es stimmte wieder! In diesem Augenblicke ging es mir wie eine Offenbarung auf, das unbestimmte Gefühl, dafs hier ein wunderbares Geheimnis läge. In diesen Plätzchen — und ich begriff wohl, dafs die Operation mit irgend welchen andern Gegenständen auch gelingen würde — steckte eine Macht, der ich nichts anhaben konnte; wie ich die Dinge auch legte, wie viel ich auch fortnahm, sie gehorchten dem Einmaleins. Und was hatte doch das Einmaleins, das so langweilig in meinem Rechenbuche stand, mit den Zuckerplätzchen zu thun? Was konnten sie davon wissen? Ich stellte die Gruppen zusammen, wie ich wollte, und ich rechnete dann in meinem Kopfe, und was ich rechnete, das erwies sich als erfüllt in der Wirklichkeit. Zum ersten Mal in meinem Leben war mir das Wesen des mathematischen Gesetzes zum Bewufstsein gekommen. Dies ist mir unvergefslich; und noch oft hat mich dasselbe Gefühl beschlichen, als ich die Methoden der Algebra und Analysis kennen lernte und sah, wie die verschiedensten Arten, die Rechnung anzuordnen, doch zu demselben Resultate führten. Es ist das Gefühl der Bewunderung, das uns gefangen nimmt, so oft wir erfahren, wie die Wirklichkeit einem logischen Gedankengebäude sich fügt, sobald wir erkennen, dafs die objektive Realität in den Dingen dem Gesetze des Denkens gehorcht.

Was damals dem Kinde als eine erste dunkle Ahnung aufblitzte, war nichts anderes als die Erkenntnis, dafs es etwas giebt, was Wissenschaft heifst. Eines der schönsten Gesetze, welches die Descendenztheorie entdeckt und bestätigt hat, ist das sogenannte phylogenetische Grundgesetz: Die biologische Entwicklung des einzelnen Organismus stellt eine abgekürzte Form des Entwicklungsprozesses vor, welchen die ganze Reihe seiner Vorfahren durchlaufen hat. Dies Gesetz gilt auch auf geistigem Gebiete. In der psychologischen Entwicklung der Kindesseele, in den Vorstellungen, die sich der Einzelne über die Welt macht, bis er zur reifen Erkenntnis, zum wissenschaftlichen Denken durchdringt, finden sich die Spuren des Weges wieder, auf dem die Menschheit zur Kultur emporgeschritten ist. Und wenn wir, zurückgreifend in der Geschichte des Denkens, uns fragen, wann und wo zum ersten Male der Begriff des mathematischen Gesetzes dem menschlichen Geiste als eine objektive Macht zum Bewufstsein

kam, so scheint auch hier die Ordnung der Zahl den Anstofs gegeben zu haben, so finden wir dies Bewufstsein bei Pythagoras, wenn er sagte, dafs die Zahl das Wesen der Dinge sei. Die merkwürdige Beziehung der Seitenlängen im rechtwinkligen Dreieck, die bei allen Dreiecken stimmte, man mochte sie sonst zeichnen wie man wollte — das Quadrat der Hypotenuse war immer gleich der Summe der Quadrate über den Katheten —, ferner die wunderbare Abhängigkeit der Konsonanz der tönenden Saiten von ihrer Länge und anderes mehr erweckte das Staunen und die Ahnung, dafs in diesen Gesetzen das eigentliche Weltgeheimnis verborgen liege.

Dem Geiste der Hellenen erschlofs sich dieses Geheimnis zum ersten Male; sie entdeckten die besondere Art der Realität, welche, anders als alles sinnliche Fühlen und Empfinden, in dem objektiven Wert der Erkenntnis liegt. Und der Mann, bei welchem am schärfsten der Gedanke zum Durchbruch kam, dafs die Realität der Dinge an ihre mathematische Gesetzlichkeit geknüpft sei, das war der grofse Schüler des Sokrates, es war Plato. Mit diesem Gedanken ward er der Begründer der Wissenschaft überhaupt; nicht der Wissenschaft, insofern sie die Sammlung und Sichtung des Erfahrungsstoffes allein zum Ziel hat, sondern insofern sie sich bewufst ist, in ihren Resultaten ein Objekt zu besitzen, dessen Erkenntniswert tiefer begründet ist als das Geltungsbereich der sinnlichen Mittel, durch welche es gewonnen ist.

Was ist dies Eigenartige, wodurch Wissenschaft sich von andern Bethätigungsgebieten des Bewufstseins unterscheidet? Wir finden uns in einem bunten Wechsel von Farben und Geräuschen, von Widerständen und Temperaturen, von Gefühlen und Strebungen. Einiges ist flüchtig wie der Hauch des Windes, wie der Blitz des Auges; anderes weilt länger, wie die feste Erde unter den Füfsen. Aber dauernd bleibt nichts von dem, was wir wahrnehmen und erleben, unwiderruflich flieht die Zeit, und wir selbst vergehen in ihrem Strome. Wo ist der ruhende Pol in der Erscheinungen Flucht? Wo ist die Macht, die Ordnung schafft und Dauer verleiht? Wo ist das zu suchen, was wir Realität nennen?

Dieses Marmorstück ist weifs, schwer, hart, kalt; das nehme ich wahr. Aber sind es diese Eigenschaften, die den Stein zum Gegenstand machen, der dauert? Die Sonne bescheint ihn, und er ist warm; die Nacht umhüllt ihn, und er ist nicht mehr weifs. Ich finde dieselben Eigenschaften an andern Körpern; ich kann sie mir zum Teil fort denken von dem Körper, und er hört nicht auf, Körper zu sein. Die sinnlichen Eigenschaften sind es also wohl nicht, in denen die

Realität wurzelt. Vielleicht gehören sie dazu, aber sie sind es jedenfalls nicht allein. Und so viel ist sicher, die Ordnung, in welcher sie zusammen vorkommen, die Folge, in der sie wechseln, ist so mannigfach, so kompliziert, so unübersehbar, dafs sie für den ersten Versuch des menschlichen Geistes, Gesetze zu entdecken, nicht als die Realität gelten kann, darin das gesetzliche Sein der Dinge begründet ist.

Aber es giebt etwas anderes in den Körpern, das nicht mehr sinnlich ist, das ist Gestalt und Zahl. Der Würfel behält sechs Flächen und acht Ecken, ob er aus Marmor oder Holz bestehe; die Winkelsumme im Viereck bleibt gleich vier Rechten, mag das Viereck auf die Wachstafel oder in den Sand gezeichnet sein; dreimal vier bleiben zwölf, ob du Menschen zählst oder Muscheln. Hier ist eine Wirklichkeit, Ordnung des Raumes und der Zahl, die nicht von den sinnlichen Eigenschaften berührt wird. Hier ist ein Beispiel für eine Ordnung, die für alle Körper allgemein giltig und notwendig ist. Hier ist etwas Neues, ein *Gedanke* im Menschengeist und doch eine *reale Bestimmung* in den Dingen, und dieses Neue, daraus die Herrschermacht der Wissenschaft entsprofs, ist das *Gesetz*.

Eine neue Art des Seins hatte der griechische Geist entdeckt, als Arithmetik und Geometrie von ihm geschaffen und als Wissenschaft erkannt wurden — die erste reife Frucht, gezogen aus der zählenden und messenden Erfahrung östlicher und südlicher Völkerschaften. Eine neue Art des Seins, die den sinnlich wahrnehmbaren Körpern nicht zukommt und sie doch beherrscht; also ein Gesetz der Körper; und die ebenso das Denken über die Körper beherrscht; also ein Gesetz des Geistes, ein Begriff. Und so ward die Mathematik das Weckmittel der Erkenntnis; das mathematische Gesetz ergab sich als ein Gesetz, das Sein und Denken *zugleich* beherrscht; es vertrat die im Grunde der Dinge waltende Macht, welche die Bedingung ihrer Realität ist. „Die Gottheit verfährt stets mathematisch“, damit drückte *Plato* den Grundgedanken aus, von welchem das Gebäude der Wissenschaft sich erhob; und darum schrieb er über seinen Lehrsaal: „Ohne mathematische Vorbildung trete keiner in meine Halle!“

Der unmittelbaren Wahrnehmung gilt nur das als wirklich, was ihr sinnlich entgegen tritt; und ein Zeichen von Wirklichkeit ist dies auch, aber kein sicheres. Dem ermattenden Wüstenwanderer erglänzt die spiegelnde Wasserfläche in der Ferne, gaukelt das Luftbild die rettende Oase vor; aber dem Nahenden schwindet es in nichts. Die sinnlichen Eigenschaften wirren sich in unergründlichem Wechselreichtum durch einander, und was eben die Sicherheit der Existenz

zu verbürgeu schien, löst sich in neue, unerwartete Erscheinung auf. Wo hlieb es? So erscheint das Sinnliche als das Vergängliche, Unklare, Unwirkliche. Die mathematischen Formen dagegen, Figur und Zahl, sie beharren im Wechsel, sie lassen sich klar erfassen im Denken; so sind sie das Sichere, das Ewige, das Reale. Sie sind das objektive Gesetz, wonach der Kosmos als Ordnung sich *konstruieren* läfst, sie verhürgen die Realität des Seienden durch die Begründung der Gewifsheit in dauernden Gedanken.

Wie weit die Erkenntnis vordringt und es ihr gelingt, das Geschehene im mathematischeu Gesetz zu fixieren, soweit waltet Allgemeingiltigkeit und Notwendigkeit, soweit heherrscht das Bewufstsein die Gegenstände. Die sinnliche Erfahrung ist zwar das Mittel, wodurch die Gesetze derselben allmählich aufgefunden werden, aher die Giltigkeit dieser Gesetze, die an der Erfahrung sich erproht, wird ihnen nicht durch die Erfahrung verliehen; sie hat ihren Ursprung in etwas, das der Erfahrung selbst zu Grunde liegt, das sie erst möglich macht, weil es die gemeinsame Bestimmung dafür ist, dafs Gegenstände *sind* und dafs sie als solche *erkannt werden*. Diese Bedingung der Erfahrung ist die Gesetzlichkeit, welche der Philosoph das „Apriori" nennt. Dies soll nicht heifsen, dafs die Gesetze dem Einzelnen *vor* der Erfahrung bekannt sind; wir erkennen sie erst im Verlaufe der Erfahrung. Die Menschen zählen und rechnen und finden sich im Raum zurecht, ohne etwas von den Grundsätzen der Arithmetik oder Geometrie zu wissen, so gut wie sie atmen und verdauen, ohne die physiologischen Gesetze des Stoffwechsels studiert zu haben. Aber indem sie rechnen und sich hewegen, werden sie sich allmählich hewufst, dafs in ihrem Erlebnis gewisse gesetzliche Bestimmungeu vorhanden sind. Es wäre nicht möglich, dafs die Erfahrung überhaupt als eine feste Ordnung der Erscheinungen zustande kommt, wenn es nicht Bedingungen gähe, die nicht von ihr, sondern von denen sie selhst ahhängig ist. Und diese Bedingungen müssen derart sein, dafs die Uebereinstimmung der Dinge mit unsern Vorstellungen von den Dingen in ihnen hegründet ist. Die Wirklichkeit der Dinge mufs auf denselben Gesetzen heruhen, auf denen es heruht, dafs wir gerade diese und keine anderen Vorstellungen von den Dingen uns machen können. Dafs dieses Weifse, Harte, Schwere eine Einheit *bildet*, und dafs sie als solche unter dem Begriff Marmor *gedacht werden mufs*, ist ein und dieselbe Bestimmung. Das ist der Sinn des „Apriori": Es gieht Bestimmungen, unter denen die Bildung gewisser Einheiten sich auf solche Weise vollzieht, dafs ihre reale Wirklichkeit als Ob-

jekte zugleich als eine subjektive Realität im Bewufstsein auftritt. Das Ergebnis dieser Bildung ist die Erfahrung. Stellen wir uns auf den Standpunkt der Objekte, so können wir sagen, unsere Vorstellungen sind abhängig von den Gegenständen; stellen wir uns auf den Standpunkt der Subjekte, so können wir auch sagen, die Gegenstände sind abhängig von der Art, wie wir sie vorstellen. Falsch ist weder das eine noch das andere; aber beide Behauptungen, die realistische und die idealistische, sind nicht ganz vollständig. Es ist zwischen objektiv und subjektiv nicht ein Verhältnis wie zwischen Ursache und Wirkung, sondern eher wie zwischen Stoff und Form, zwischen Mannigfaltigkeit und Einheit; es ist nicht eine vom andern bedingt, sondern jedes ist zugleich mit dem andern gesetzt.

Das ist nun die Voraussetzung, wenn überhaupt Wissenschaft möglich sein soll, dafs es eine solche Realität giebt, welche die Übereinstimmung des Denkens mit dem Sein verbürgt. Und das mathematische Gesetz war das erste Beispiel in der Geschichte der menschlichen Erkenntnis, woran man sich überzeugen konnte, dafs das Schwanken der sinnlichen Erscheinung von Bestimmungen a priori beherrscht wird, die wir zu erkennen vermögen. Deshalb darf man Plato als den Vater der Wissenschaft bezeichnen. Er entdeckte das Recht der wissenschaftlichen Erkenntnis; sie ist ein Verfahren, Realitäten zu erzeugen. Aus dem unbestimmten Erlebnis des Einzelnen, aus dem Kampf entgegengesetzter Vorstellungen, aus der Unklarheit widerspruchsvoller Gefühle und wechselnder Stimmungen und Triebe hebt sie heraus ein Gebiet des Gesetzes, schafft sie eine neue Welt, in welcher nichts gilt, als was sich widerspruchslos zusammenfügt.

Die moderne Naturwissenschaft beruht auf dem Verfahren, den Wechsel der Erscheinungen darzustellen und zu festigen im mathematischen Gesetz. Was wir heute unter Naturnotwendigkeit verstehen, das ist nichts anderes als der Zwang des widerspruchslosen Denkens, der uns nur das als Wirklichkeit anerkennen läfst, was in der Form des allgemein giltigen Gesetzes beschrieben werden kann. Unerschöpflich führen die Sinne neuen Stoff unserm Bewufstsein zu, und ebenso unermüdlich ist die Wissenschaft an der Arbeit, ihn in die Form des Gesetzes einzuordnen und damit den realen Inhalt des Naturgeschehens zu ermitteln. Das ist eine unendliche Aufgabe. Denn der Inhalt des einzelnen Gesetzes erfordert eine fortwährende Umgestaltung unter dem Einflufs der sich erweiternden Erfahrung; bleibend ist nur der Charakter des Gesetzes, jeden Widerspruch von sich auszuschliefsen, indem seine Gestalt neuen Erfahrungen sich anpafst. Die Erde war

so lange der Mittelpunkt der Welt, als die astronomischen Beobachtungen sich mathematisch durch das Ptolemäische Weltsystem darstellen liefsen; als sich Widersprüche zeigten, mufste es dem Koppernikanischen weichen. Die Gewifsheit der mathematischen Berechnung hat sich dabei nicht geändert, sondern nur die Voraussetzungen, von denen sie ausgeht, sind andere geworden und haben eine andere Gestalt der mathematischen Darstellung erfordert.

Auch jener Grundgedanke der Naturwissenschaft, die Wirklichkeit der Erscheinungen im mathematischen Gesetz zu sichern, geht auf Plato zurück; und die Entstehung der mathematischen Naturwissenschaft ist in der That ein Lebendigwerden platonischer Gedanken. Der machtvolle geistige Umschwung, den wir als Renaissance bezeichnen, ist zugleich die Erneuerung der platonischen Philosophie. Und die bahnbrechenden Denker, die im Beginn des 17. Jahrhunderts die Naturwissenschaft schufen, Galilei und Kepler, fanden ihre Stütze in dem platonischen Gedanken, dafs die Realität der Natur in ihrer mathematischen Ordnung zu suchen sei. In diesem Sinne sagt Kepler, dafs der Mensch nichts richtiger erkenne als die Gröfse selbst, und Galilei, dafs die Philosophie im Buche des Universums geschrieben stehe in mathematischer Sprache, deren Zeichen Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren seien.

Warum aber, so wird man fragen, mufsten zwei Jahrtausende vergehen, seit Sokrates den Giftbecher trank, bis der Scheiterhaufen auf dem Campo dei Fiori um Giordano Bruno flammte, ehe jene Naturwissenschaft entstand, deren Prinzip Plato so deutlich bezeichnet hatte? Dies erstaunliche Problem bis in seine innersten Tiefen zu verfolgen, das hiefse die gesamte Geschichte der Menschheit von Jahrtausenden aufwühlen. Denn im letzten Grunde sind zwar Begriffe und Ideen das Bestimmende in der Entwicklung der Kultur, aber die Mittel, durch welche sie in den Trieben und Interessen der Einzelnen und der Völker wirken, sind so verwickelt, dafs sie schwer, wenn überhaupt, zu durchschauen sind.

Die Erforschung der Natur setzt ein unmittelbares Interesse an der technischen Beherrschung der Natur voraus, denn nur durch dieses spitzen sich die Probleme zu, und das ungeheuere Material praktischer Erfahrung wird herangeführt. Technische Probleme waren es auch, welche den äufseren Anstofs zur wissenschaftlichen Untersuchung gaben. Man denke nur an die Bedürfnisse der Baukunst, der Kriegführung, der Schiffahrt, der Heilkunde. Wer vermag nun zu sagen, inwieweit der Mangel an naturwissenschaftlichem Interesse durch die

soziale Entwickelung der Menschheit bedingt war? So lange eine kleine Anzahl von Herren durch die Arbeit der Sklaven ihre Mufse gesichert sah, mochte wohl in den Spitzen der Menschheit eine hohe intellektuelle Kultur zur Blüte gelangen können. Aber für sie lag nicht das Bedürfnis vor, die Kräfte der Natur in umfassender Weise in den Dienst der Arbeit zu stellen, die Natur in dem Mafse zu beherrschen, dafs durch die Erweiterung der Machtmittel der Menschheit immer weitere Kreise auf eine höhere Bildungsstufe gehoben werden konnten. Es liegt daher der Gedanke nahe, dafs für die Kultur der europäischen Menschheit erst jene höhere sittliche Aufgabe zu lösen war, die Gleichberechtigung der Menschen zum Bewufstsein zu bringen, wie sie in der Grundidee des Christentums enthalten ist. Nicht die Unterschiede der Macht, des Besitzes, der Bildung, der Abstammung, der Nationalität sind es, welche den Wert des Menschen bestimmen, sondern allein die gute Gesinnung, die sittlich-religiöse Kraft der Persönlichkeit, der Glaube an die Liebe Gottes, vor der alle gleich sind, die in seinen Wegen wandeln. Diese sittlich-religiöse Erziehung der Menschheit mufste erst zu einem gewissen Ziele kommen, ehe die intellektuelle Kultur aufs neue einsetzen konnte, um nunmehr unter dem Bewufstsein der Verpflichtung zur gemeinsamen Arbeit die Menschheit auf eine höhere Stufe zu heben. Guttenberg, Koppernikus, Columbus, Luther bezeichnen den Umschwung in den Mitteln der neuen Kultur; nun erst ward die Bevormundung des Geistes gebrochen, und die Erde dem Menschen zum neuen Eigentum gegeben; und nun gelang es auch den Denkern, die Stelle zu finden, an der die Erscheinungen der Natur sich in mathematische Gesetze fassen liefsen. Denn daran hatte es Plato gefehlt; dafs die Natur nur mathematisch zu realisieren sei, hatte er gelehrt; aber wie und wo diese Anwendung der Mathematik anzusetzen hatte, das wufste er nicht; dazu mangelte seiner Zeit nicht nur die Fülle der Thatsachen, sondern auch vor allem das Interesse für diese Richtung der Kultur.

Was wir hier aus der thatsächlichen Entwickelung der abendländischen Kultur als den Plan der Erziehung des Menschengeschlechts mutmafsten, das läfst sich andrerseits aus dem Gedankengange Platos erläutern, durch den der Begriff des „Apriori“ sich ihm gestaltete. Es kam ihm darauf an, Realitäten aufzufinden, welche die Wirklichkeit der Dinge sicherer verbürgten als der oft täuschende Schein der sinnlichen Erfahrung. Als eine solche Realität hatte ich bisher nur das mathematische Gesetz genannt, weil es für die Möglichkeit der Natur-

wissenschaft entscheidend ist. Für Plato jedoch, als den Schüler des Sokrates, war noch eine andere Realität die ursprünglichere und bestimmende, das war die Idee des Guten, d. h. die Frage nach dem Wesen der Tugend, die ethische Beurteilung. Und diese Realität, welche über die Wirklichkeit der Dinge entscheidet nach dem Werte, den sie in sittlicher Hinsicht als Vorbilder besitzen, sie war es, welche für die nächsten zwei Jahrtausende das Interesse der Menschheit vor allem in Anspruch nahm.

Was gut ist, was schön, was vollkommen ist und als Muster gelten soll, das findet sich ja in seiner Reinheit nirgends in der Erfahrung, das ist vielmehr eine Forderung, die an die Erfahrung gestellt wird. Hier also ist ein solches Prinzip der Beurteilung, das der Erfahrung vorschreibt, wie sie sein soll, ein Apriori: Plato nennt es eine Idee, eine Bestimmung, welche über dem vergänglichen Sein der sinnlichen Dinge steht. Die Realität der Dinge besteht in ihrer Anteilnahme an den Ideen; inwieweit sie der Idee der Vollkommenheit entsprechen, insoweit sind sie der flüchtigen und nichtigen Erscheinung entzogen und besitzen Dauer. Für den Hellenen aber besteht das Wesen des Vollkommenen, womit das Gute und das Schöne zusammenfällt, in dem harmonisch Mafsvollen, in der richtigen Abmessung. Das Mafs verbürgt die Zweckmäfsigkeit. Insofern also werden die sinnlichen Dinge auf die Realität der Ideen Anspruch erheben können, als in ihnen die Bedingung zweckvoller Abmessung erfüllt ist. Die Wissenschaft des Mafses aber ist die Mathematik. Darum sind es nach Plato die mathematischen Bedingungen in den Dingen, welche sie über die Vergänglichkeit der Sinne erheben und ihnen Realität verleihen. In der Gesetzmäfsigkeit der Figuren und Zahlen sind die Dinge mit Sicherheit zu erkennen; daher sagt Plato, dafs das Mathematische die Verbindung herstelle zwischen den sinnlichen Dingen und den Ideen.

Damit nun auf diesem Grundgedanken eine Wissenschaft von der Natur sich wirklich aufbaue, mufste man aber wissen, welches besondere Verhalten der sinnlichen Dinge so beschaffen sei, dafs sich in ihm mathematische Gesetze auffinden liefsen. Dieser Punkt wurde verfehlt. Es führte dabei irre, dafs sowohl bei Plato selbst als in der ganzen nachfolgenden Zeit das Interesse auf die ethische Idee gerichtet war, und daher auch die Natur unter dem Gesichtspunkt des Zwecks betrachtet wurde. Der Zweck aber setzt voraus, dafs man bereits den Begriff dessen hat, was erreicht werden soll. Er ist deshalb ein unentbehrliches Erkenntnismittel für das menschliche Handeln. Man

glaubte nun, dafs auch die Natur in ihrer Gesetzmäfsigkeit sich erkennen lasse, indem man die Zwecke aufzusuchen sich bemüht, denen sie dienen soll. Aber dadurch werden stets die Beweggründe des menschlichen Handelns und seine Ziele in die Natur hineingetragen, und es kommt nicht zum Bewufstsein, dafs in der Natur eben eine andere Art des Geschehens vorliegt, als im sittlichen und künstlerischen Gestalten. Man gelangte nicht zu der Einsicht, dafs gerade die Notwendigkeit des gesetzlichen Geschehens es sei, wodurch die Natur als ein besonderes Gebiet abgegrenzt werde; und obwohl Plato lehrte, dafs eine solche Notwendigkeit im mathematischen Gesetz gegeben sei, so suchte man das Gesetz doch an einer falschen Stelle, man suchte es in der fertigen Anordnung der Eigenschaften, statt in ihrem zeitlichen Werden. So konnte man wohl zu einer systematischen Einteilung und Beschreibung der Natur mit Erfolg vorschreiten, aber nicht zur Erkenntnis des gesetzlichen Geschehens; man erkannte wohl die Verschiedenheit der Dinge, aber nicht das Gesetz ihrer Veränderung. Die kausale Erklärung der Natur konnte auf diesem Wege nicht gelingen.

Plato selbst war sich sehr klar der Beschränkung bewufst, die er durch seine Lehre der Naturerkenntnis auferlegte. Aber er hielt diese Beschränkung für unvermeidlich, weil in dem Wesen der Sache selbst begründet. Er hatte ja deutlich gesehen, dafs die grofsen und einfachen Gesetze, wie die Gebote der Sittlichkeit, in der Welt der ewigen Ideen und nicht im Wechsel der sinnlichen Erscheinungen zu suchen seien. Und diese veränderliche Körperwelt mit ihren Eigenschaften hielt er für etwas so Kompliziertes, dafs es dem menschlichen Geist überhaupt nicht möglich sei, die absolute Wahrheit hier zu erkennen, dafs es dieser vielmehr stets nur zu einer gewissen Wahrscheinlichkeit bringen könne. Wer möchte deshalb Plato tadeln? Es ist ja wahr, die Fülle der Erfahrung ist unermefslich, und die Erkenntnis der Natur besteht in der unablässigen Korrektur ihres Bestandes; aber das eben ist Wissenschaft. Dafs trotzdem diese „Wahrscheinlichkeit" des Naturerkennens sich der Gewifsheit soweit nähern könne, dafs sie mit Sicherheit Naturerscheinungen vorauszusagen gestattet, dafs sie Vorgänge berechnet, die kein Auge sieht, und Körper beschreibt, deren Dasein die Erfahrung erst nachträglich bestätigt, das würde Plato als eine herrliche Bestätigung seiner Lehre betrachtet haben; er hatte nur nie zu hoffen gewagt, dafs die Naturwissenschaft eine solche Höhe erreichen könne, weil zu seiner Zeit noch alle Erfahrung darüber fehlte, welche Gröfsenverhältnisse im Wechsel der

sinnlichen Erscheinungen sich nachweisen liefsen. Er wufste nicht, dafs die Veränderung der Farbe sich als eine Veränderung der Gröfse der Wellenlänge messen läfst, nicht, dafs bei der Verbrennung des Holzes vor und nach dem Verbrennungsprozefs alle Bestandteile auf der Wage zu kontrolieren sind, kurzum er kannte nicht die Einzelheiten, in denen die quantitativen Bestimmungen der Dinge bestehen. Daher zeigt sich zwischen der platonischen und der modernen Auffassung über die Grenzen, welche der menschlichen Erkenntnis gesetzt sind, eine höchst eigentümliche Umkehrung. Wir sind der Ansicht, dafs innerhalb der Erfahrung, soweit die Kontrolle der sinnlichen Wahrnehmung reicht, durch die Methoden der Naturwissenschaft eine sichere objektive Erkenntnis der Dinge möglich ist, dafs dagegen jenseits der Erfahrung, wo Raum und Zeit ihre Ordnung uns nicht mehr leihen, auch die Kraft der Erkenntnis erlahme und das Reich des Glaubens beginnt. Plato — und damit beherrschte er die zwei folgenden Jahrtausende — war entgegengesetzter Ansicht; in der Erklärung der Körperwelt sieht er nur eine Übung des Scharfsinns, die zu beweisbaren Resultaten nicht führen könne. Darum sagt er: „Und wenn Einer zur Erholung die Untersuchungen über das Ewige beiseite legen und die wahrscheinlichen Ansichten über das Werden genau in Betracht ziehen wollte, um sich einen Genufs zu verschaffen, dem keine Reue folgt, so dürfte er wohl ein geziemendes und verständiges Spiel im Leben treiben."

Also ein Spiel nennt Plato die Versuche, die Veränderungen der Körper auf mathematische Gesetze zurückzuführen; zwar ein geziemendes und verständiges Spiel ist es, ein Genufs, dem keine Reue folgt, weil es kein sinnlicher Genufs ist, aber doch ein Unternehmen, dem eine Sicherheit des Erfolgs nicht entspricht. Nicht darum, weil jene Gesetze nicht vorhanden wären, sondern nur darum, weil sie zu versteckt lägen. Nichtsdestoweniger entschliefst sich auch Plato, dieses Spiel zu versuchen. In seinem Gespräch, das den Namen „Timäus" führt, entwickelt er eine Reihe von Hypothesen, zum Teil in dichterischem Gewande, um die Bildung des Kosmos aus der Materie zu erklären, wie sie der Weltenbaumeister vielleicht nach mathematischen Gesetzen vollzogen hat.

Manches in diesen Erklärungen, auf die ich jedoch hier nicht spezieller eingehen will, mutet uns ganz modern an. Die Lehre von den Elementen entnahm er der Schule der Pythagoreer, aber er formte sie geometrisch. Die kleinsten Teilchen der Elemente Feuer, Wasser, Luft und Erde denkt er sich als regelmäfsige Körper; die des Feuers

haben die Gestalt von Tetraedern, die der Luft von Oktaedern, die des Wassers von Ikosaedern. Diese drei Elemente können sich in einander verwandeln, indem sich die Dreiecke, von denen die Partikeln der Elemente begrenzt sind, sowohl zu Tetraedern, wie Oktaedern oder Ikosaedern vereinigen können. Für Plato besteht nämlich das Wesen des Körpers in seiner Begrenzung, weil diese das Gesetz der Gestalt und Gröfse enthält; die Grenze bestimmt in der unbestimmten Ausdehnung des Raumes das, was als Körper zusammengehört. So meint Plato, dafs z. B. aus den acht Begrenzungsflächen des Oktaeders (eines Luftteilchens) zwei Tetraeder, d. h. zwei Feuerteilchen entstehen können. Ebenso ist ein Wasserteilchen als Ikosaeder äquivalent $2\frac{1}{2}$ Luft- oder 5 Feuerteilchen.

Man kann hieraus die Ähnlichkeit und den Unterschied seiner Auffassung und der modernen recht deutlich erkennen. Auch bei Plato ist ein Teil der Körper in andere verwandelbar, indem sich ihre Molekeln in Urbestandteile zerlegen und zu anders gestalteten Molekeln zusammensetzen, gerade wie in unserer Chemie. Dafs er dabei Luft, Wasser und Feuer, d. h. das Warme, als Elemente betrachtet, ist unwesentlich; charakteristisch für die mathematische Begründung der Naturwissenschaft ist, dafs Plato bereits ein Gesetz der chemischen Äquivalente aufstellt, wonach nur bestimmte Mengen von Luft, Wasser, Wärme in einander verwandelbar sind. Aber hier zeigt sich zugleich der fundamentale Unterschied von der modernen Methode. Die Äquivalentzahlen sind nicht aus der Erfahrung durch Abwägen und Messen entnommen, sondern durch eine kühne Konstruktion a priori dekretiert; und selbst dieses würde ja als Hypothese berechtigt sein; aber es wird gar nicht daran gedacht, diese Hypothese aus der Erfahrung durch Messungen zu bestätigen. Eben weil eine solche Bestätigung des vermeintlichen mathematischeu Gesetzes Plato unmöglich schien, darum beschränkt er die Physik auf das Gebiet der Mutmafsungen. Und diese mufsten allerdings um so unsicherer erscheinen, als ihnen die Wirklichkeit in der That nicht entsprach.

Verhängnisvoll für die Entwicklung der Physik in den beiden folgenden Jahrtausenden ward nun der Ausweg, den Plato ergreifen mufste, um das Eintreten einer Veränderung überhaupt, um die Bewegung der Elementarteilchen zu erklären. Ganz wie in unsern kinetischen Theorien der Materie beruht auch bei Plato jede Veränderung körperlicher Eigenschaften auf Bewegung. Ein Körper wird durch Wasser aufgelöst, nicht durch Luft, weil die Teilchen des Wassers infolge ihrer Gröfse die Teilchen des Körpers (der Erde) auseinander

treiben, während die kleineren Luftteilchen zwischen jenen hindurchgehen können, ohne den Zusammenhang zu schädigen.

Ist aber der Körper fest zusammengeprefst, so sind nur die Feuerteilchen imstande sich hindurchzudrängen und ihn zu schmelzen. Alle Veränderungen geschehen allein durch die gegenseitige Verdrängung der kleinsten Körperteilchen. Auch die Anziehung der Körper, wie beim geriebenen Bernstein oder Magnet, ist nur eine scheinbare, keine wirkliche; auch sie beruht auf einem Druck, den die sich nähernden Körper von aufsen erleiden. Denn da es nach Plato keinen dauernd leeren Raum geben kann, so sind die Elemente gezwungen, in einem Kreislauf nach ihrem natürlichen Orte, dem sie zustreben, zurückzukehren.

Warum aber, wird man hier fragen, setzen sich die Elemente überhaupt in Bewegung? Warum teilen sich die Elementarkörperchen? Wo sind die mathematischen Gesetze, welche diese Veränderungen bestimmen? Im letzten Grunde mufs die Ordnung der Bewegung von den ewigen Ideen, den zwecksetzenden Bestimmungen abhängen. Aber wie können diese die Materie bewegen? Das Gesetz der Veränderung, das zwar als Zweckmäfsigkeit in den Ideen liegt, mufs auch zugleich im Raum, im gestaltlosen Stoffe, als gestaltbildend thätig sein. Und zu diesem Zweck führt Plato eine neue Hypothese ein, das ist die Weltseele. Die Weltseele ist das All, insofern es Selbstbewegung enthält. Sie knüpft die sinnliche Erscheinung an die ewigen Ideen und realisiert in jener das mathematische Gesetz der Bewegung; mit einem Worte, sie enthält das Gesetz der Wechselwirkung.

Mit dieser Auffassung der dynamischen Wechselwirkung als der Bethätigung einer Weltseele ist nun der Verzicht auf eine mathematisch-mechanische Welterklärung vollendet, die in dem Grundgedanken Platos so verheifsungsvoll angestrebt war. Die dichterische Weltauffassung hat die mathematische zurückgedrängt. Es ist ja für die junge, unerfahrene Wissenschaft der Natur der nächstliegende Gedanke. Veränderungen in der Welt sehen wir vor allem ausgehen von unserem eigenen Körper, und wir sind uns bewufst, diese Veränderungen mit Bedacht hervorzubringen. Woher also sollen die Veränderungen in der Natur überhaupt stammen, zumal wenn sie vernünftigen Zwecken dienen sollen, als von einer Vernunft? Also von einer Seele, welche in der Welt ebenso bewegend schafft, wie unser Geist in unserem Körper. Oder richtiger: Wie die Bewegungen unseres Körpers als zweckmäfsige sich von selbst dadurch erklären, dafs wir uns dieser

Zwecks bewufst sind, so sind auch die Veränderungen in der Natur zu erklären durch eine das Weltall durchsetzende Kraft, die nach Art der Seele zu denken ist.

So haben wir gesehen, wie bei dem Schöpfer des Grundgedankens der Naturwissenschaft die Mathematik umschlägt in Psychologie, die Wechselwirkung zur Weltseele wird. Versuchen wir, das Schicksal dieser Weltseele nach ihren hauptsächlichsten Phasen in der Geschichte des wissenschaftlichen Denkens weiter zu verfolgen.

(Fortsetzung folgt.)

Das Weltbild des Mars, wie es sich nach den Beobachtungen von 1892 und 1894 darstellt.

Von Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Seit ich es in diesen Blättern versucht habe, ein Bild von der Nachbarwelt des Mars darzustellen, sowie es aus den Forschungsergebnissen bis zur 1892er Opposition hervorging, haben sich diese Beobachtungsergebnisse vielfach geklärt, und andererseits kamen die Resultate der Opposition von 1894 mit so mancherlei wichtigen Erfahrungen hinzu, dafs viele rätselhafte Züge, die jene Planetenoberfläche im Vergleich zu dem uns wohlbekannten Weltbild der Erde zu bieten schienen, sich wesentlich verständlicher gestalteten, während hingegen manche allgemeinen Ansichten, die man bisher seit Alters hegte, ins Schwanken gerieten. Da nun die kommenden Oppositionen des Mars auf eine Reihe von Jahren hinaus immer ungünstiger werden, so wird die Ansicht, welche wir heute von der verwandten Nachbarwelt des Mars entwickeln können, wohl für längere Zeit im wesentlichen unverändert bleiben. Der ergänzende Überblick, den ich im nachfolgenden zu geben gedenke, wird deshalb erwünscht kommen.

Knüpfen wir unsere Betrachtungen zunächst an die Fragen, welche bei Abschlufs des herangezogenen Artikels über Mars in „Himmel und Erde“ 5. Jahrgang, Seite 410 u. ff., noch offen blieben. Da haben wir zunächst zu rekapitulieren, dafs einzelne Forscher, voran Schaeberle von der Licksternwarte, überhaupt an der althergebrachten Meinung zu zweifeln begannen, dafs die gelben Regionen des Mars Land, die bläulichen Meere seien. Selbst William Pickering, der nicht anstand, aus seinen Beobachtungen zu schliefsen, dafs gelegentliche grüne Färbungen, die mit den Jahreszeiten kamen und gingen, dem Kreislaufe des vegetabilischen Lebens zuzuschreiben seien, erkannte mit Sicherheit nur wenige, stets tief dunkle Flächen als Meere an.

Zu diesen Zweifeln traten noch alle diejenigen, welche sich an den vielverzweigten Wunderbau der Kanalsysteme knüpfen. So rechnete beispielsweise letzthin jemand aus, dafs die Arbeit, welche nach menschlichen Begriffen die Herstellung der Marskanäle erfordern würde, gleich der von 1634000 Suezkanälen wäre, an welchen 200 Millionen Menschen tausend Jahre zu thun hätten. Wenn wir nun auch annehmen dürfen, dafs wegen der geringeren Schwere auf Mars, der vielleicht gröfseren Intelligenz der Marsbewohner und auch der wahrscheinlich ein paar Jahrhunderttausende älteren Kultur die Arbeit bedeutend leichter sein wird, als sie für uns wäre, so ist doch die Annahme einer so enorm viel höheren Leistung für uns gleichbedeutend mit der eines Wunders, und mit Wundern kann man ja am Ende alles, d. h. nichts beweisen. Diese unüberwindliche Schwierigkeit tritt namentlich nur wegen der enormen und für unsere Begriffe völlig unnützen Breite der Kanäle auf; denn wären diese Verkehrswege nicht gröfser und nicht schwieriger anzulegen, wie unsere Eisenbahnlinien, so würde unsere Erde, könnte man diese letzteren aus der Entfernung des Mars sehen, ein dem Marskanal-System garnicht unähnliches Bild darbieten. Und doch sind es kaum fünfzig Jahre, seitdem wir Eisenbahnen bauen. War ich in der herangezogenen Schrift auch der Ansicht, dafs man die Verbreiterung ursprünglich in normaler Gröfse ausgeführter Kanäle der Wasserbewegung zuschreiben könne, welche beim Wechsel der Jahreszeiten beständig zwischen der Süd- und Nordhalbkugel hin und wieder zurück stattfinden mufs, so war es doch schwer, die immerhin noch übrigbleibende Riesenarbeit intelligenten Wesen zuzuschreiben. Jedenfalls durfte man zu diesem Ausweg nicht eher greifen, als bis für uns alle Versuche unfruchtbar geblieben waren, diese aus planetarischer Entfernung sichtbare, gewaltige Umgestaltung einer ganzen Weltkörperoberfläche der alles vermögenden Natur zuzuschreiben. Nicht als ob wir an dem Vorhandensein von intelligenten Wesen aufserhalb der Erde irgendwie zweifeln wollten, so läfst sich doch durch die Einführung namentlich einer wesentlich höheren Intelligenz als der menschlichen, ebenso viel und ebenso wenig beweisen, wie durch die Einführung eines Wunders, das ja auch unsere Intelligenz in der That ist, deren Schaffens- und Entwickelungsgesetze wir noch nicht kennen. Die Werke der Intelligenz und ihre Produkte sind kein Gegenstand der Naturforschung mehr, die doch nur wahrgenommene Erscheinungen bekannten Gesetzen unterordnen will.

Trotzdem wir diese Bedenken keineswegs aufser Acht liefsen,

blieb uns doch damals gar koin anderer Ausweg, da alle Naturprodukte, welohe wir kennen, und die im grofsen Mafsstabe weltkörperumgestaltend sind, ähnliche Anordnungen unseres Wissens nie geschaffen haben. Besonders schwer fallen hier auch die Verdoppelungen der Kanäle ins Gewicht, von denen Schiaparolli sagte, dafs niemand, der sie jemals wirklich beobachtet hat, ihre Erklärung als eptische Erscheinungen zulassen würde, was doch namentlich in letzter Zeit oft in reoht geistreicher Weise versucht worden ist.

In den felgenden Betrachtungen wellen wir nun namentlich diejenigen Beobachtungen der letzten Jahre herbeiziehen, welche geeignet sind, die Klärung dieser Zweifel zu hefördern.

Froilich müssen wir dahei sogleich mit einem neuen Zweifel heginnen, welchen der hervorragende Astronom der Licksternwarte Camphell in bezug auf die bisher völlig unbestrittene Überzeugung von dem Vorhandensein einer spektroskopisch deutlich nachweisharen Atmosphäre des Mars aussprach. Dieses Spektrum ist nunmehr seit hereits 30 Jahren von Rutherfurd, Secohi, Janssen, Huggins, Vogel, Maunder wiederholt untersucht werdon, und alle stimmen darin überein, dafs die Banden im Rot, welche für den Gehalt der Atmosphäre an Wasserdampf charakteristisch sind, auoh im Spektrum des Mars vorkommen, wodurch eine der unsrigen ähnliche Atmosphäre auf Mars nachgewiesen wäre. Nun sind allerdings derartige Beobachtungen sehr schwer fehlerfrei auszuführen, weil sich dio spektroskopisohen Wirkungen unserer eigenen Atmesphäre mit denen der Marsatmosphäre mischen. Es handelte sich eben nur um den Nachweis einer minimalen Verstärkung der fast immer vorhandenen sogenannten Regenhanden, wenn man das Spektreskop auf Mars richtete. Camphell hatto nun ahor Gelegenheit, auf der Höhe des Mount Hamilton den Mars hei dem aufsergewöhnlich geringem Feuohtigkeitsgehalte unserer Atmosphäre von 15 his 20 pCt. zu beohachten, während Mars sich in 45 his 55 Grad Höhe hefand. Es konnten aufserdem stets Vergleiehungen mit dem Monde angestellt werden, der in einem Falle, am 24. Juli 1894, ganz in der Nähe des Mars stand. Das von dem Monde herahkommende Sonnenlicht hatte dabei also dieselben Mengen der irdischen atmosphärischen Luft zu durchdringen wio das von Mars herkommende. Es zeigte sich, dafs hei jenem aufserordentlich trockenen Zustande unserer Atmosphäre weder das Mondspektrum noch dasjenige des Mars eine Spur jener Regenhanden aufwies, noch überhaupt vom Sonnenspektrum verschieden war. Hieraus folgt jedoch nach der Ansicht des Beohachtors noch nicht die völlige Abwesenheit einer

Atmosphäre auf Mars, sondern nur eine geringere Dichte derselben, welche ein Viertel der unsrigen nicht überschreitet. Die Marsatmosphäre käme demnach ungefähr derjenigen gleich, die wir auf unseren höchsten Bergspitzen antreffen, und welche die Bedingungen für unser Leben zwar erschwert, aber doch nicht unmöglich macht.

Wenngleich diese Resultate Campbells von einigen der vorhin angeführten Beobachter bezweifelt werden, so scheinen sie mir doch von schwerwiegender Bedeutung und stehen in Übereinstimmung mit einer ganzen Reihe von Schlüssen, die wir über das Wesen der Marswelt heute zu ziehen im stande sind. Eine der unsrigen an Dichte etwa gleichkommende Atmosphäre ist für Mars auch aus rein physikalischen Gründen kaum denkbar. Ganz besonders spricht auch dagegen, dafs hellere Gebiete auf seiner Oberfläche, namentlich wenn sie durch die Rotation an den Rand des Planeten geführt werden, durchaus nicht an Deutlichkeit verlieren, sondern dafs einige unter ihnen dann sogar auffallenderweise glänzender hervortreten, eine Erscheinung, die bei der Erde für aufserirdische Beobachtung niemals eintreten könnte. Die rote Farbe des Mars als Beweis für eine die blauen Strahlen wie bei der Erde stark absorbierende Atmosphäre herbeizuziehen, mufs gänzlich fallen gelassen werden; denn diese rote Farbe erscheint entschieden intensiver in der Mitte der Scheibe als an den Rändern; die Polarkappen bleiben immer rein weifs, und das Spektrum des Mars zeigt sicher viel weniger evidente atmosphärische Linien wie die äufseren Planeten von Jupiter bis Neptun, deren Licht doch weifser ist als das des Mars. Wir müssen also zu der Ansicht John Herschels zurückkehren, dafs die rote Farbe der eigentlichen Oberfläche des Mars angehört, er beispielsweise aus rotem Sandstein bestände.

Wenn also die Marsatmosphäre so dünn und wasserarm ist, mufs man angesichts des so äufserst seltenen Vorkommens von Wolken nach Campbell auch an der schneeigen Natur der Polarflecke zweifeln, und unser Autor meint deshalb, dafs die Hypothese, man habe es mit Kohlensäureniederschlägen zu thun, alle Schwierigkeiten zu heben im stande sei. Er vertritt die Ansicht, dafs die Atmosphären der Himmelskörper sich während ihres Alterns langsam in den Weltenraum verlieren, oder von den Gesteinsschichten der Oberflächen chemisch absorbiert werden, und dafs dies in der Reihenfolge der Atomgewichte der die Atmosphären zusammensetzenden Gase geschehen müsse. In diesem Falle würde allerdings die Kohlensäure zuletzt zurückbleiben. Wegen der strengen Kälte, die bei der dünnen Atmo-

sphäre auf jenem Planeten herrschen müfste, der nur $^{3}/_{7}$ unserer Sonnenwärme erhält, könne man sich den notorisch mit den Jahreszeiten parallel gehenden Kreislauf der weifsen Materie, welche die Polarkappen bildet, nicht erklären, wenn dieser Kreislauf mit Wasser stattfände; mit Kohlensäure, welche einen ähnlichen Kreislauf, doch ohne Wolkenbildung, bei etwa hundert Grad tieferer Temperatur ausführt, wäre dies leicht möglich.

Im grofsen und ganzen zeige sich Mars in seinem ganzen Habitus dem Monde ähnlicher als irgend einem anderen Weltkörper, und man könne deshalb die dunkleren Flecke auf dem ersteren für Meere nur in jenem Sinne halten, wie die Mareebenen auf dem Monde, die ja auch dunkler erscheinen als die Umgebung.

Es wird in der That aus diesen und den noch folgenden Beobachtungsthatsachen mehr und mehr wahrscheinlich gemacht, dafs Mars sich im Kreislauf der Weltentwickelung in einem Stadium befindet, das mitten zwischen dem der irdischen Gegenwart und demjenigen des Mondes sich befindet. Mars ist noch nicht bei der ewigen Todesstarre des Mondes angelangt; im Gegenteil sehen wir so deutliche und schnelle Verschiebungen der Grenzlinien zwischen denjenigen Gebieten, welche wir Land oder Meer auf dem Mars nennen, wie sie auf der Erde bei weitem nicht in so grofsartigem Mafsstabe auftreten. Aber ich denke, wir werden es wahrscheinlich zu machen im stande sein, dafs diese ungemeine Unruhe, die wir auf der Oberfläche des Mars wahrnehmen, und die sonst das Zeichen der Jugend sein mag, den letzten grofsen Kampf bedeutet, den Land und Wasser ja auch bei uns durch die geologischen Zeitalter hindurch ohne Unterlafs kämpften, und der sich notwendig zu Gunsten des Landes entscheiden mufs.

Aber es scheint doch nicht unumgänglich, auf das Vorhandensein von Wasser auf dem Mars völlig zu verzichten. Es ist schon in unserem früheren betreffenden Artikel auf die Untersuchungen Maunders in Bezug auf das Klima des Mars hingewiesen worden, die zeigten, wie bei dem sehr viel niedriger liegenden Siedepunkte dort von den unsrigen ganz verschiedene Verhältnisse eintreten, welche die Tagesatmosphäre des Mars völlig wolkenlos erhalten, während sich bei Sonnenuntergang sofort dichte Nebel entwickeln können. Während des Tages findet deshalb infolge der dünnen, sehr wenig Wärme absorbierenden Atmosphäre eine sehr energische Einstrahlung statt, während die nächtlichen Nebel die Ausstrahlung erschweren, wodurch sich die klimatischen Verhältnisse, soweit wir sie während des Kommens und Gehens der Polarkappen verfolgen können, wohl

erklären lassen, auch unter der Annahme, dafs diese weifsen Gebiete von kristallisiertem Wasser bedeckt sind. Eine Wahrnehmung, welche am 25. und 26. November 1894 Douglas auf dem ausschliefslich der Marsbeobachtung gewidmeten Lowell-Observatory in Arizona gelang, scheint das Vorhandensein solcher ausgedehnten Nebelbedeckungen auf der Nachtseite, welche sich bei Sonnenaufgang auflösen, zu bestätigen. Er sah einen etwa 140 miles langen und 40 miles breiten Streifen parallel der Tag- und Nachtgrenze (dem Terminator) jenseits des beleuchteten Teiles, also über der in Nacht gehüllten Oberfläche hinstreichen; der Streifen war gelblich, heller wie Mars an jener Lichtgrenze, aber doch dunkler wie die Mitte der Scheibe. Aus der Entfernung des Streifens vom Terminator konnte man die Höhe desselben zu etwa 20 miles über der Oberfläche des Planeten berechnen. Nach wiederholten Schwankungen der Helligkeit dieses Streifens verschwand derselbe nach etwa einer halben Stunde plötzlich, was die Annahme, dafs es sich um eine langgestreckte Bergkette gehandelt habe, ausschliefst. Die Erscheinung fand über dem südlichen Teile der Protei Regio[1]) statt, jenes an Untiefen reichen Gebietes, das sich westlich der Thaumasia im Südmeere erstreckt. Dafs man es mit einem Wolkengebilde zu thun hatte, kann kaum bezweifelt werden; vielleicht sah man hier zum ersten Male den Rand jener nächtlichen Nebelhülle, deren Auftreten wir vermuten.

Die Frage von der Luftarmut und der damit notwendig verbundenen Wasserarmut auf dem Mars, hängt auf das engste mit der Frage zusammen, ob man wie bisher die rötlichen Flecke auf der Planetenoberfläche für Land, die dunklen für Meere erklären solle. Bekanntlich hatte Schaeberle eine Anzahl von Argumenten für die gegenteilige Meinung vorgebracht, und die bemerkenswertesten derselben waren die, dafs gerade die vermeintlichen Meeresgebiete mit den Jahreszeiten sehr wesentlichen Änderungen unterworfen sind, dafs sie ihre Farbe und Ausdehnung verändern, und mannigfaltige Details in ihnen kommen und gehen, während die braunroten Flecke ihr Aussehen fast garnicht verändern, sich höchstens gelegentlich ein Kanal verdoppelt, ein anderer verschwindet.

Da die rötlichen Flecke auf dem Mars den dunklen gegenüber wesentlich vorherrschen, so müfste also sehr viel Wasser auf dem Mars vorhanden sein, wenn die ersteren Meere repräsentierten. Aufserdem würde ihre rötliche Farbe auf eine dichte, die blauen

[1]) Wegen der Bezeichnungen von Marsregionen sehe man die dem ersten Jahrgange dieser Zeitschrift beigefügte Karte Schiaparellis.

Strahlen absorbierende Atmosphäre schliefsen lassen. Dies würde also die Ansicht Schaeberles in starken Widerspruch mit den Ansichten seines Kollegen Campbell auf der Lickstenwarte setzen. Auch Schiaparelli sprach sich sehr entschieden gegen diese Ansicht aus; er zieht namentlich die Alpenseen als passende Vergleiche heran, die immer ein tiefdunkles Wasser zeigen, wenn man sie von den Berggipfeln aus betrachtet. Das Wasser dieser Seen ist rein; über ihnen liegen nicht mehr die weifslichen Dünste einer dicken Atmosphäre, und unsere Gesichtslinie nähert sich der Senkrechten. Reines Wasser absorbiert nun, wenn seine Tiefe 100 bis 150 m erreicht, etwa $^{49}/_{50}$ des in dasselbe eindringenden Lichtes, nur $^{1}/_{50}$ wird zurückreflektiert; es mufs also notwendig bedeutend dunkler erscheinen als das umliegende Gestein. „Wenn aber diese Seen", so fährt Schiaparelli in seiner Beurteilung fort, „aus Milch oder aus flüssigem Schwefel bestehen, so ist allerdings mein Raisonnement wertlos."

Sehr wertvoll für die Entscheidung über die Natur der beiden Arten von Flecken sind auch die in den letzten Jahren wiederholt gemachten Beobachtungen von Hervorragungen und Depressionen am Terminator des Planeten. Es ist bekannt, welches allgemeine Aufsehen seinerzeit die Entdeckung heller Hervorragungen machte, die von allzu optimistischen Geistern bereits für Signale angesehen wurden, welche die Marsbewohner zur Verständigung mit uns abgaben. Auf Mount Hamilton wurden dieselben zuerst 1890 gesehen; am 5. Juli des genannten Jahres war eine solche Stelle von 1."5 bis 2."0 Länge in dem 36-Zöller so deutlich zu sehen, dafs sie ein besuchender Laie überhaupt zuerst wahrnahm. Der Fleck rückte dann vermöge der Rotation in die beleuchtete Scheibe hinein und war dort als ovale weifse Stelle auf dunklem Grunde zu erkennen. Die Erscheinung trat am folgenden Tage wieder ebenso auf und ist 1892 an derselben Stelle der Region Tempe sowohl auf Mount Hamilton als auch von Perrotin in Nizza und anderen gesehen worden. Später sind auch noch an anderen Stellen auf der Marsoberfläche ähnliche Beobachtungen gemacht worden, besonders 1894 auf dem Lowell-Observatory (über Noachis). Die Konstanz dieser Gebilde schliefst einen wolkenartigen Charakter für dieselben völlig aus, aber auch Berge, deren Spitzen in ähnlicher Weise von der Sonne beleuchtet werden, wie es am Mondterminator geschieht, können es nicht sein, da man in diesem Falle zu unwahrscheinlichen Höhen derselben von 30 bis zu 60 km käme. Campbell erklärt nun dieselben für ausgedehnte Bergketten oder besser Hochländer, welche quer zum Terminator liegen

und teilweise mit Schnee bedeckt sind. Er macht dabei folgenden Vergleich mit dem Monde: „1892, Juli 11 war Mars von uns 39 Millionen miles entfernt. Wir konnten Vergröfserungen von 350 bis 520 anwenden; sie brachten uns den Planeten auf 110 000 resp. 75 000 miles nahe. Unser Mond ist mehr als zweimal 110 000 und mehr als dreimal 75 000 miles von uns entfernt. Dennoch sind wir im stande, mit dem blofsen Auge helle Auswüchse am Mondterminator zu sehen, welche durch Bergketten und grofse Krater hervorgebracht werden.“ Unter dieser Voraussetzung findet sich in einem der Fälle die Länge der Bergkette gleich 89 miles, ihre Höhe aber nur gleich 1.89 miles oder rund 10 000 Fufs. Nun, diese Bergketten oder Hochländer sind bis jetzt nur auf jenen gelben Gebieten entdeckt, welche man immer für Land erklärt hat.

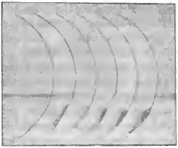


Fig. 1.

Andererseits konnten die Astronomen von Arizona deutliche und weitausgedehnte Depressionen am Marsterminator beobachten, wie solche neben einigen der besprochenen Hervorragungen hier in Figur 1, 2 u. 3 abgebildet sind. Solche Depressionen kommen nur da vor, wo ein dunkles Marsgebiet den Terminator überschreitet; letztere werden dadurch als Vertiefungen charakterisiert.

Damit ist aber noch keineswegs bewiesen, dafs sich in diesen Vertiefungen auch Wasser befindet, und in dieser Hinsicht gewinnen die Zweifel Schaeberles über die Natur der dunklen Flecke als Meere durch die neueren Beobachtungen immer mehr Gewicht. Schon Pickering hatte nach der 1892er Opposition, wie in dem früheren Artikel über die physische Beschaffenheit des Mars bereits angeführt worden ist, die Überzeugung gewonnen, dafs nur wenige dauernd dunkle Gebiete, wie beispielsweise die Syrtis Major, beständig von Wasser erfüllt seien, während die übrigen als Meere bezeichneten Gebiete nur gelegentlich und insbesondere, wenn der Schmelzprozefs der Polarkappen eintritt, mehr oder weniger vom Wasser überflutet würden.

Es ist in dieser Hinsicht wichtig, die Veränderungen dieser Gebiete näher zu verfolgen, welche teils mit den Jahreszeiten zusammen-

hängen, teils auch dauernd oder doch von längerer Periode zu sein scheinen. So weist Schiaparelli auf zweifellose Veränderungen hin, welche der Anblick des Mars 1894 gegenüber dem unter ähnlichen astronomischen Verhältnissen in früheren Oppositionen wahrgenommenen darbot. Beispielsweise erschienen die sogenannten Meere in der letztvergangenen Opposition weit weniger schwarz als 1877. Die Kanäle wurden 1894 besser gesehen und erschienen zahlreicher. Der südliche Polarfleck, welchen man vordem niemals hatte gänzlich verschwinden sehen, und der am 5. Oktober nach Douglass noch die in der beigegebenen Zeichnung (Fig. 4) reproduzierte Gestalt besafs, wurde für Schiaparelli mit dem 18-Zöller von Mailand Ende Oktober unsichtbar, genau 59 Tage nach dem Sommersolstiz der Südhalbkugel des Mars. 1877/78 war er noch 98 Tage, 1879/80 sogar 144 Tage nach dem Solstiz vorhanden.

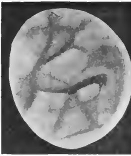


Fig. 2.

Ganz auffällig war die Veränderung, welche 1894 mit der langgestreckten Halbinsel Hesperia vorging, die zwischen den beiden parallelen Meeresarmen, Mare Tyrrhenum und Mare Cimmerium, liegt und 1877 bis 1892 die Gestalt unserer Fig. 5 I hatte. Bereits auf einer Zeichnung Bianchinis vom September 1719, dann auf solchen von Mädler u. A. ist diese Gestalt deutlich erkennbar. Am 10. Oktober 1894 erblickte dagegen Schiaparelli die Hesperia, wie Fig. 5 II zeigt. Die Halbinsel war von einem Kanal durchkreuzt, der vom Mare Tyrrhenum ins Mare Cimmerium führt. Ein anderer, in schräger Richtung durch die Halbinsel ziehender Kanal schien eine Verlängerung des Xanthus zu sein, der das Mare Tyrrhenum mit dem Mare Chronium verbindet. Auch Leo Brenner, der auf seiner Privatsternwarte in Istrien (Manora-Sternwarte in Lusin Piccolo) letzthin sehr erfolgreich mit dem Studium der Planetenoberflächen sich beschäftigt, entwarf am 16. Oktober ganz unabhängig von Schiaparelli eine Marszeichnung, auf welcher ähnliches zu sehen war; nach Schiaparelli war eine so deutliche und weitverbreitete Veränderung bisher noch nicht konstatiert worden.

Eine weitere auffällige Veränderung nahm Schiaparelli am Mare Sirenum wahr, welches demselben System von langgestreckten

Meeresarmen, durch Landstreifen unterbrochen, angehört, wie das vorhin betrachtete Gebiet. Nachdem dieses seit Kaiser, der es 1864 zeichnete, immer in gleicher Weise gesehen worden ist, erschien im Oktober 1892 eine Landbrücke, welche den Meeresarm von seiner südlichen Umbiegung an durchkreuzte. Im Oktober 1894 aber war die Brücke verschwunden, während sie am 21. November desselben Jahres unzweifelhaft wieder auftauchte.

Die geschilderten Erscheinungen würden sich ungezwungen durch wechselnde Überflutungen der betreffenden Gebiete erklären lassen, indem bei tieferem Wasserstande Landbrücken wie die beim Mare Sirenum auftauchen oder, wie in dem anderen angeführten Falle, auf früheren Landgebieten Wasserstrafsen erscheinen, wenn das Wasser besonders hoch steigt. Sehr interessant ist in dieser Hinsicht die Zusammenstellung einer Anzahl von Ansichten des Mars in den ver-

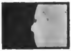


Fig. 3.

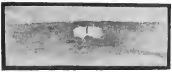


Fig. 4.

schiedenen Jahreszeiten desselben, welche Lowell in No. 130 von „Astronomy and Astrophysics“ veröffentlicht und die in unserem Titelbild wiedergegeben sind. Man ersieht aus ihnen, dafs zu den Zeiten in denen die Polarkappe noch sehr grofs, aber doch im Abnehmen ist, also in der Frühlingszeit, die dunklen Gebiete ganz besonders dunkel erscheinen, um dann, je mehr die Schneekappe sich verkleinert, sich aufzuhellen und immer mehr Details zu zeigen, bis endlich bei minimaler Ausdehnung des Schneefleckes, resp. bei seiner völligen Abwesenheit, viele dunkle Gebiete die charakteristische rote Farbe der sogenannten Landgebiete annehmen, während nur wenige „Meere“ übrig geblieben sind. Sehr schön tritt dies in den Abbildungen der Hesperia-Landschaft (Fig. 2, 3 u. 4) hervor. Sobald die Polarkappe sich zu verkleinern beginnt, umgiebt sie sich bekanntlich mit einem dunklen Rande. Es ist nun sehr interessant, das Lowell um diese Zeit dunkle Streifen beobachtete, welche die eine hellere Nuance aufweisenden, „Meere“ oder Untiefen bis zu jenen beständig dunkleren Gebieten hin durchzogen, welche namentlich sich an den Südküsten des grofsen Landgürtels befinden. In dem einen Falle, welcher in den

beiden Zeichnungen (Fig. 5) wiedergegeben ist, ging der dunkle Streifen von einem Einschnitt aus, der sich in der Polarkappe befand, und den man auch schon in der Polarkappe der 92er Opposition an derselben Stelle gesehen hatte. Es mufs also hier wohl ein breites Senkungsgebiet existieren, in welchem der Schnee zuerst abschmilzt. Der dunkle Streifen, welcher, wie oben bemerkt, von hier ausging, endete im Norden in der Syrtis Major.

Man kann sich angesichts dieser Vorgänge und ganz besonders auch im Hinblick auf die schon früher mitgeteilte Wahrnehmung, dafs gerade diese dunkleren Gebiete gelegentlich einen grünen Schimmer

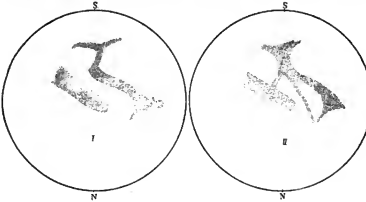


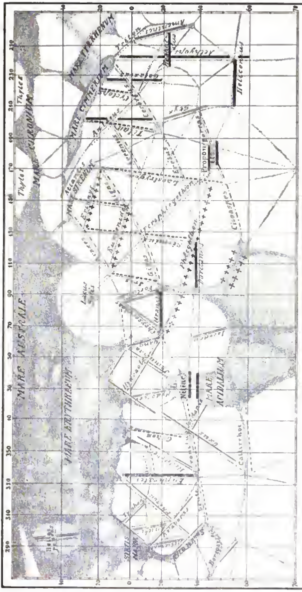
Fig. 5.

annehmen, der wenigstens die Vermutung vegetabilischer Erscheinungen aufkommen läfst, der Überzeugung nicht erwehren, dafs die „Meere“ des Mars „amphibischer“ Natur seien, wie der sehr treffende Ausdruck Lowells lautet. Es scheint wirklich kaum noch zweifelhaft, dafs sie nur zeitweilig vom Schmelzwasser der Polarkappen überflutet werden. Man kann es sich dann wohl denken, dafs sie im Frühjahr und Sommer zu einem fruchtbaren Marschlande werden, wie es mit den Umgebungen des Nil der Fall ist.

Ganz frappante Ähnlichkeit mit diesen zeitweilig überfluteten Gebieten auf unserer Nachbarwelt bieten in verkleinertem Mafse auf der unsrigen die Halligen der Nordsee, welche in dieser Zeitschrift (VII. Jahrgang S. 345 u. f.) Herr Dr. Traeger so interessant geschildert hat. Der Anblick der Nordseeküste würde, je nachdem die Halligen in der Flut fast ganz begraben sind oder frei liegen, auch

für einen Beobachter aus der Vogelperspektive sehr schnell in der Weise wechseln, wie wir gewisse sogenannte Meeresgebiete des Mars sich verändern sehen. Interessant ist im Hinblick auf die Kanäle des Mars die folgende Stelle der oben herangezogenen Beschreibung (S. 348): „Durchschnitten sind sie (die Halligen) von Gräben, die das Land entwässern. Teilweise sind sie so breit und tief, dafs sie den weit in das Land einfahrenden Ewern als Häfen dienen, teilweise so lang, dafs sie die Insel von einer Seite zur anderen durchqueren. Ursprünglich sind sie alle von Menschenhand ausgehoben worden; sowie sie aber ihrer Bestimmung übergeben sind, greift das fliefsende Wasser sie an, benagt die Wände, bis das überhängende Erdreich nachstürzt, und so nehmen sie höchst unerwünscht beständig an Breite und Tiefe zu.“

Lowell sagt über den interessanten Wechsel der Erscheinungen auf der Oberfläche des Mars wörtlich folgendes: „Sobald die Schneeschmelze im Gange war, erschienen in den dunklen Regionen lange Streifen von noch dunklerer Färbung. Ich sah sie zwar nicht kommen, aber da ich sie gehen sah, ist es unzweifelhaft, dafs sie gekommen sein müssen. Der auffälligste derselben lag zwischen Noachis und Hellas im Südmeere und durchsetzte dann das Mare Erithraeum bis zum Sanduhr-Meer. Der nächst auffällige kam zwischen Hellas und Ausonia herab. Obgleich diese Streifen sehr deutlich dunkler waren als die Meere, durch welche sie zogen, waren diese letzteren doch in ihrem dunkelsten Zustande. Dieses Faktum, dafs die Streifen die sogenannten Meeresflächen durchzogen, erweckt neue Zweifel darüber, ob diese Mare-Regionen wirkliche Meere sind. Nun blieben die dunklen Regionen eine Zeitlang nahezu unverändert, während der Schmelzprozefs der Schneekappe am intensivsten war. Dann begann eine Periode des Auftrocknens. Ihre helleren Partien wurden noch heller, ihre dunklen weniger dunkel. Jede erdenkliche Nüance war vertreten. Es war für diese Epoche namentlich sehr bezeichnend, dafs man nicht imstande war, irgend eine Kontur der Inselketten im Südmeere festzuhalten; die helleren und dunkleren Partien flossen unerkennbar ineinander. Im Vergleich mit den Marskarten waren diese Gebiete von einer Sintflut umlagert, nicht direkt aber indirekt: Wahrscheinlich befanden sich diese Gebiete in verschiedenen Stadien vegetabilischer Fruchtbarkeit infolge einer vergleichsweise geringen Wassermenge, welche dieselben überschwemmte. Die Farbe jener dunkleren Gebiete war damals für mein Auge ein unzweifelhaftes Blaugrün; dies blafste dann allmählich ab und machte



Parallele Kanalsysteme auf Mars.

einem Orangegelb Platz . . . . . . Bei all diesen interessanten Wandlungen, die im Verfolg der Jahreszeiten das Antlitz des Mars zeigt, sind es die grofsen Kontinentalmassen allein, welche, hie und da einige Helligkeitsschwankungen ausgenommen, nahezu unverändert bleiben. Gleich den rötlichen Wüstenregionen unserer Erde ist ihre Farbe und Unwandelbarkeit ein Hinweis auf einen ähnlichen Charakter derselben. Sie verändern sich nicht, weil sie schon die Möglichkeit dazu verloren haben."

Adoptieren wir diese Annahme, so beginnt auch sofort das grofse Rätsel der Kanäle sich zu lüften. Wir brauchen uns nämlich dann diese dunklen Linien und Streifen nicht mehr mit Wasser gefüllt zu denken, sondern nur anzunehmen, dafs intelligente Wesen durch die öde und regungslos daliegenden Landmassen, die wir uns etwa als Wüsten im Sinne unserer Sahara zu denken haben, Landstrafsen bauten, welche an Breite die unsrigen garnicht bedeutend zu übertreffen brauchen; sie wurden von einer zur anderen Niederung in den Wüstensand derart eingeschnitten, dafs zu den Zeiten, in denen sich hier die Niederungen mit dem Schmelzwasser anfüllten, auch diese Strafsen von demselben durchflossen wurden. Es fanden deshalb alljährliche Überschwemmungen statt, deren Einflufs auf die umgrenzenden Landgebiete das vegetabilische Leben unterstützte oder überhaupt nur möglich machte. Nur vermöge dieser Vegetationsentwickelung zu beiden Seiten der künstlich angelegten Strafsen sehen wir deren Verlauf noch aus planetarischer Entfernung.

Denn an eine Erklärung dieser so absolut regelmäfsigen Gebilde durch die Wirkung toter Naturgewalten kann in der That nicht gedacht werden, wenn man in Ermanglung fehlender Beweise auf die Forderung Wert legt, dafs wenigstens Ähnliches unter ähnlichen Verhältnissen schon einmal an anderen Orten beobachtet worden ist. Mag man immerhin darauf aufmerksam machen, dafs eine elastische Kugel, die mit Paraffin bestrichen und dann künstlich aufgebläht wird, ein System von Rissen zeigt, dafs für einen oberflächlichen Blick wohl eine leise Ähnlichkeit mit dem Kanalsystem besitzt, so wird man doch, ganz abgesehen von der Ungeheuerlichkeit der Annahme, dafs sich ein bereits überkrusteter Weltkörper plötzlich von innen her aufblähen könne, damit niemals die wunderbare Gleichförmigkeit des Kanalnetzes um den ganzen Planeten herum erklären können, wie es denn auch keine bekannte Naturkraft giebt, welche über die Oberfläche eines ganzen Weltkörpers hin absolut gleichförmige, besonders auch

einander parallele, topographische Gestaltungen geschaffen bätte oder unseres Wissens auch nur schaffen könnte.

Verfolgt man auf der Karte des Mars (S. 27) diese Kanäle mit einiger Aufmerksamkeit, so fällt die wunderbare Verteilung derselben in Parallelsysteme auf. Es giebt immer ganze Reihen von Kanälen, welche um den ganzen Planeten herum genau parallel verlaufen, oder genauer ausgedrückt, mit den Parallelkreisen resp. Meridianen gleiche Winkel einschliefsen. So verläuft beispielsweise genau im 240. Meridian der ca. 5000 km lange Äthiops, und mit ihm parallel laufen der Galaxias, der Styx, soweit er das Mare Cimmerium mit dem Trivium Charontis verbindet; dann beinahe antipodisch mit diesen Kanälen der Euphrates und Astusapes. Genau senkrecht hierauf, also in gleicher Richtung mit den Parallelkreisen des Mars, verlaufen der Hephaestus, Propontis, Helikonius und die zwar nicht ganz geradlinig verlaufende Callirrhoe. Nur wenig nach Südwesten gegen dieses System ausweichend, gehen — von Westen nach Osten hin angeführt — der Lethes, der Hades-Laestrygon, Titan, Gorgon, Sirenius, Iris, Gehon. Ungefähr um denselben Winkel nach Südosten gegen die Meridiane verschoben erscheinen der Amenthes, die Fortsetzung des Styx vom Trivium Charontis nach Norden, der Ganges, der Hydaspes, Anubis, und der die Insel Hellas durchkreuzende Alpheus. Auf letzterem senkrecht steht bekanntlich ein anderer Kanal, der Peneus, welcher mit dem vorgenannten die Insel in vier gleiche Quadranten teilt. Noch schräger wie das mit dem Hades-Laestrygon parallel laufende System stehen auf den respektiven Meridianen, aber mit einander wiederum innerhalb der Unsicherheiten unserer Beobachtung genau parallel, Jamuna, Oxus, Hiddekel, Phison und das Westufer der grofsen Syrthe. Diese letztere verengt sich, wie bekannt, nach Norden hin in die Nilosyrthis, welche in elegantem Bogen nach Osten umschwenkt, um nun im rechten Winkel zu der soeben genannten Uferlinie zu verlaufen. Mit der Nilosyrthis gehen nun parallel, nach Osten hin gezählt, Astaboras, Typhon, Jordanis, Hydraotis-Nilus und der sehr lange Pyriphlegethon. Am allerauffälligsten tritt dieser Parallelismus in dem schon weiter oben herangezogenen System von langgestreckten Land- und Meeresarmen hervor, welchem die interessante Halbinsel Hesperia angehört. Es sind hier die Mare Tyrrhenum, Cimmerium und Sirenum anzuführen, zwischen denen die Landgebiete Hesperia und Atlantis sich befinden, während auf der westlichen Halbkugel mit diesem System parallel die Regionen Deucalionis und Pyrrhae verlaufen. Eine grofse Anzahl von Kanälen

durchkreuzen das Land entweder parallel mit diesem System oder auf ihm senkrecht, wie ein Blick auf die Karte des Mars (S. 27) zeigt, sodafs wir uns die weitere Anführung von Namen ersparen können.

Eine aufserordentlich interessante Zeichnung eines kleinen Gebietes in der Umgebung des Lakus Solis, welche unter ganz besonders günstigen Bedingungen Douglas am 8. Oktober 1894 gelang, wollen wir nicht verfehlen hier (Fig. 6) wiederzugehen. Sie zeigt ein kompliziert angeordnetes Kanalsystem, unter anderen den Lakus Solis selbst zweigeteilt, wie ihn auch früher schon Schiaparelli gesehen

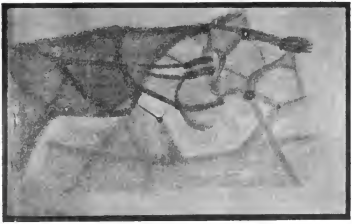


Fig. 6.

hatte, und ferner in ganz besonders auffälliger Weise die Fortsetzung der dunklen Kanallinien über das Land hinaus bis in die dunklen Gebiete der sogenannten Meere, in deren Innerem hier ein eben solches kompliziertes Kanalsystem auftritt wie in den Landgebieten.

Es ist schlechterdings unmöglich, sich solche Parallelsysteme, welche auf der Erde nur die vollendetste Feldmefskunst hervorzubringen vermag, allein durch uns bekannte Naturkräfte entstanden zu denken. Sehen wir aber einmal von der Breite dieser Verbindungslinien ab, und denken wir uns diese Kanäle als Hauptverkehrswege, so haben wir ein Bild vor uns, wie es menschliche Kraft auch heute schon auf unserer Erde hervorzubringen vermöchte, wenn die Menschheit endlich einig genug wäre, um gemeinsam die Oberfläche unseres

Planeten zu gemeinsamem Vorteil zu bearbeiten und nicht mehr jeder für sich allein in seinem Ländchen.

Eine ungezwungene Erklärung für die Verbreiterung dieser systematisch angelegten Verkehrswege durch die vegetabilische Natur haben wir schon vorhin gefunden. Denken wir uns nun zwischen zwei in nicht allzu grofser Entfernung von einander parallel laufenden Kanälen das tiefer liegende Landgebiet ganz von Vegetation überwuchert, so entstehen Regionen wie das Mare Tyrrhenum, Cimmerium u. s. w. Auch alle die Veränderungen an Farbe und Gestalt, welche wir früher angeführt haben, lassen sich durch die Erscheinungen der Pflanzenwelt in vollkommenem Anschlufs an irdische Wahrnehmungen leicht erklären.

Endlich bietet auch das bisher noch mysteriöseste Phänomen der Marsoberfläche, die Verdoppelung der Kanäle, keinerlei Schwierigkeiten mehr. Denn dieselben Wirkungen, seien sie nun natürliche oder von intelligenten Wesen ausgegangen, welche die über den ganzen Planeten ausgebreiteten Parallelsysteme von sogenannten Kanälen schufen, haben auch die nahe bei einander befindlichen Parallelkanäle erzeugt, und es ist in dieser Hinsicht charakteristisch, dafs die Verdoppelungen fast ausnahmslos nur in den ausgebreiteten Systemen auftreten, von denen ich vorhin einige aufgeführt habe. Meist sind die Entfernungen der beiden verdoppelten Kanäle nicht weniger breit als jene vielfach genannten Meeresarme (Mare Tyrrhenum etc.), welche wir uns durch Ausfüllung des Gebietes zwischen der Verdoppelung entstanden dachten.

Was die Bedeckung von Landwegen durch die Vegetation betrifft, so ist die Bemerkung eines Afrikareisenden, Lieutenant Nizon, ungemein interessant, welcher mitteilt, dafs weite Wüstengebiete bis auf Strecken von 400 km Länge auf geradem Wege zwischen zwei Oasen mit Vegetation überdeckt sind, welche letztere nur dadurch entstand, dafs die Affen auf diesen Wegen von Oase zu Oase wandern und Samenkörner zufällig dabei verstreuen.

Sind nun nach der zuerst von Törnebohm in Stockholm ausgesprochenen Ansicht die „Kanäle" solche von Vegetation umgebene Strafsen, in deren Mitte nur ein ganz schmaler Wasserlauf sich befindet, so erklären sich auch gewisse Beobachtungen, welche Schiaparelli bereits während der Opposition von 1879/80 machte, und die er schon damals auf die Frage bezog, ob denn diese breiten Streifen völlig mit Wasser angefüllt seien. In der Region Tharsis, die sich nördlich von der bekannten Thaumasia befindet und vom

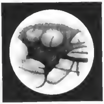
Nilus durchzogen wird, bemerkte der Mailänder Forscher während mehrerer Monate einen weifsen Streifen, der von der nördlichen Polarkappe ausging, wie man deren schon früher mehrere gesehen. Dieser Streifen durchquerte den damals doppelten Nilus. War letzterer nun wirklich in seiner ganzen Breite mit Wasser erfüllt, und bestand der weifse Streifen, der sich von ephemerer Natur erwies, aus jenem Material, das wir als Schnee bezeichnen, und dessen Auflösungsprodukt die Flüssigkeit in den Kanälen ist, so mufste der weifse Streifen durch die volle Breite der beiden dunklen Streifen des Nilus unterbrochen werden, mit anderen Worten, der Schnee mufste sich im Wasser des doppelten Kanals auflösen. Waren dagegen die dunklen Kanalstreifen feste topographische Gestaltungen der Oberfläche oder Vegetationsgebiete, so konnte der Schnee wohl auf ihnen liegen bleiben, d. h. der weifse Streifen die dunklen unterbrechen. Es geschah nun in gewissem Sinne beides; die Kanäle wurden bedeutend eingeengt, wo der weifse Streifen über sie hinzog, aber sie wurden doch nicht völlig unterbrochen; schmale schwarze Linien blieben bestehen.

Vereinigen wir die angeführten Beobachtungsthatsachen zu einem Gesamtbilde, so sehen wir mit Genugthuung, dafs sich unsere Ansichten über den nachbarlichen Planeten wesentlich zu klären beginnen. Entsprechend der Luft- und Wasserarmut, welche die neueren spektroskopischen Beobachtungen erwiesen, verwandeln sich die sog. Meere in fruchtbare Niederungen, die nur an ihren tiefsten Stellen dauernde Wasseransammlungen besitzen, und andererseits nur teilweise und vorübergehend zur Frühjahrszeit von dem Schmelzwasser überschwemmt werden, das von den Polen niederströmt. Die Niederungen überziehen sich alsdann mit einem grünen Schleier, dessen Natur wohl hypothetisch bleibt, den wir aber gewifs ohne grofsen Zwang für ein vegetabilisches Phänomen erklären dürfen. Die gelblichen Landgebiete dagegen, die sich durch eine ganze Reihe von Thatsachen früheren gegenteiligen Meinungen gegenüber als erhöhte Gebiete charakterisieren, sind regungslose, tote Wüsten, in denen sich als Oasen jene dunkleren Stellen befinden, welche man, entsprechend den früheren Ansichten, Binnenseen genannt hat, und welche mit den dunklen Niederungen durch ein wunderbares System von schnurgeraden Verkehrswegen verbunden sind; letztere dienen gleichzeitig dazu, in einer mittleren schmalen Vertiefung die Wasser zu führen, welche den Oasen inmitten dieser Wüsten das Leben ermöglichen. Die gütige Natur hat, wie sie es in einem analogen Falle auch auf der Erde

Syrtis Major



Juni

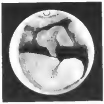


Oktober

Hesperia



Juni



August



Oktober

Sinus Titanum



Juni



November

Jahreszeitliche Veränderungen der Marsoberfläche
1894 beobachtet auf dem Lowell-Observatorium.

(Astronomy and Astro-Physics, Tafel XLII.)

thun würde, diese Verkehrswege durch üppig bewachsene Gelände zu beiden Seiten des mittleren Wasserlaufes beschattet. Vielleicht auch haben hier, wie in den Nilniederungen, jene intelligenten Wesen, welche sich diese Wege schufen, Felder angelegt, auf denen sie ihre Nahrungsmittel kultivieren. Diese Ansicht erklärt eine ganze Reihe von Phänomenen, welche namentlich die jüngste Zeit unseren Beobachtungsannalen zugefügt hat und steht soweit ich es übersehen kann, mit keiner festverbürgten Beobachtungsthatsache im Widerspruch.

Auch mit der Entwickelungsgeschichte der Gestirne steht dieses neue Weltbild des Mars im vollen Einklange. Wir können mit grofser Sicherheit annehmen, dafs unsere Erde einstmals ein ganz ähnliches Bild darbieten wird, wenn ihre Entwickelung in demselben Sinne fortschreitet, als es die geologischen Untersuchungen bis jetzt erwiesen haben. In Zeiten der Urgeschichte lagerte eine viel dichtere Atmosphäre als gegenwärtig über der mit Wasser fast noch völlig umgebenen Erdoberfläche. Der Luft- und Wasserreichtum haben beständig abgenommen; geht es weiter, so werden einst zunächst die flacheren Meere austrocknen. Aber vorher werden die entstehenden Niederungen — wenn wir zunächst von der für uns vorläufig noch bestehenden Schwierigkeit absehen, welche der Salzgehalt unserer Meere darbietet — durch den Meeresschlamm zu einem ganz ungemein fruchtbaren Gebiet werden, das, ebenso wie die entsprechenden Gebiete auf dem Mars, von dem schmelzenden Polareise im Frühjahr immer wieder neu getränkt wird. Die gegenwärtigen Kontinente jedoch werden durch die mangelnden Niederschläge immer mehr austrocknen und veröden, wie solches jetzt schon in den wasserarmen Zentralgebieten namentlich von Afrika und Nordamerika eingetreten ist. Die Civilisation wird aus diesen Gebieten flüchten, es wird eine Umkehrung der Verhältnisse stattfinden; nicht mehr das Land wird dem Fortschritt der Entwickelung günstig sein, sondern die ehemaligen Meeresgebiete, welche das unumgänglichste Element aller Lebensthätigkeit, das Wasser, länger festzuhalten vermögen. Arbeitet dann die fortgeschrittenere Menschheit nur in dem Sinne weiter, nach welchem gegenwärtig ihr Streben geht, so werden sicher zwischen diesen Meeresniederungen, welche die Kultur nun beherbergen, Verbindungswege entstehen, und man wird Kanäle in deren Mitte ausführen, die als Lebensader die verwüsteten alten Kontinente durchziehen, auf welchen das Leben sonst unmöglich geworden ist. Erkennen wir nun an, dafs Mars, der kleinere Weltkörper, schneller lebte als die Erde, so sehen wir in ihm nach dem Stande

der heutigen Forschung ein Zukunftsbild für uns, in welches sich, je mehr unsere Forschung vorschreitet, immer mehr Einzelzüge einzeichnen, die in schönem Einklang mit diesem Zukunftsbilde stehen. Je mehr wir vordringen in der Erkenntnis dieser nahen Welt, je mehr gemahnt sie uns daran, dafs wir von ihr lernen können. Sind auch alle die Schlüsse, welche uns zur Annahme der Existenz intelligenter Wesen dort leiteten, keineswegs völlig zwingender Art, so ist es, wie ich glaube, doch besser, in diesem Falle, der sonst unsere weitere Erkenntnis zum Stillstand zwänge, den Menschen schliefslich auch als ein Naturagens zu betrachten, der, einer Naturkraft ähnlich, die Oberflächen seines Planeten in einer Weise umzugestalten fähig ist, welche nach aufsen hin als die Wirkung einer wirklich neuen Naturkraft in die Erscheinung tritt. Diese neue Kraft heifst der intelligente Wille.

Nach der Drucklegung gegenwärtigen Aufsatzes ist mir eine neue, höchst interessante Schrift **Schiaparellis** „La Vita sul Planeta Marte" bekannt geworden, welche in mancher Hinsicht ähnliche Vermutungen, wie die hier entwickelten, aufstellt. Ich glaubte, diese Betrachtungen unsern Lesern nicht vorenthalten zu dürfen, besonders auch, da sie in mancher Hinsicht, z. B. in Bezug auf das Erscheinen und Verschwinden der Verdoppelungen, das oben Gesagte wesentlich vervollständigen. Nachdem der Mailänder Forscher eine Reihe speziellerer Beobachtungen, die meist auch im vorstehenden Artikel angeführt wurden, mitteilt, fährt er folgendermafsen fort:

„Bis hierher sind wir gekommen, indem wir lediglich die Resultate der teleskopischen Beobachtungen nach anerkannten physikalischen Prinzipien und plausiblen Analogien zu weiteren Schlüssen kombinierten. Gestatten wir nun unserer Phantasie einen etwas freieren Flug und versuchen wir, uns darüber klar zu werden, in welcher Weise die Entwickelung einer Bevölkerung des Mars vor sich gehen müfste, die mit Eigenschaften ausgestattet und in Situationen versetzt wäre, die sich nicht allzu sehr von den unsrigen unterscheiden. Und fragen wir ferner, unter welchen Bedingungen der Schlufs zulässig wäre, dafs die Erscheinung der sogenannten Kanäle und ihrer Zweiteilung die Arbeit einer solchen Bevölkerung sei. Freilich wird dann das, was wir sagen können, nicht den Wert eines wissenschaftlichen Resultates haben und vielleicht einen etwas romantischen Charakter tragen. Aber die Wahrscheinlichkeit unserer Resultate wird sicherlich nicht geringer sein als die so vieler anderen romanhaften

Dinge, die sich mit gröfserer Kühnheit und geringerer Harmlosigkeit unter dem Namen von Wissenschaft in den Büchern breit machen und in Volksversammlungen und Hochschulen gepredigt werden.

„Wenn wir die Erdkugel in meteorologischer und hydrographischer Beziehung mit dem Mars vergleichen, erkennen wir aus dem oben Gesagten ohne weiteres, wie unvergleichlich besser die erstere für die Aufnahme und Entwickelung organischen Lebens, zumal in seinen höheren Formen, eingerichtet ist. Den glücklichen Erdbewohnern wird das befruchtende Wasser umsonst zugeteilt durch den grofsen atmosphärischen Mechanismus mit seiner regelmäfsig wechselnden Arbeit. Es regnet auf unsere Felder ohne unser Zuthun; ohne unsere Bemühungen verdichtet sich auf unseren Bergen das kostbare Nafs, welches durch Bäche und Flüsse in mannigfaltiger Weise zu unserem Vorteil verwertet werden kann, zum Zwecke der Bewässerung, der Binnenschifffahrt und als Triebkraft für hydraulische Maschinen. Was würde das menschliche Geschlecht ohne diese Himmelsgabe sein! Den armen Marsbewohnern hat die Natur recht schwere Existenzbedingungen auferlegt. Wo es wenig Wolken und keinen Regen giebt, da giebt es sicher auch keine Quellen und Wasserläufe. Es wird hier alles davon abhängen, wie die grosse Überschwemmung, die bei der nördlichen Schneeschmelze auftritt, sich ausnutzen läfst. Dieses Wasser mufs soviel als möglich gesammelt werden, um dann während der ganzen Zeit eines Marsjahres allmählich zur Ausgabe zu gelangen und die Existenz des Lebens auf dem Planeten zu unterhalten, eine Aufgabe, die vielleicht nicht so leicht und einfach ist; denn die Summe verfügbaren Wassers, welches der nördliche Schnee in einem einzigen Sommer abgiebt, mag recht grofs sein, könnte aber dennoch unzulänglich werden, wenn man sie auf das ganze Festland verteilt, selbst wenn man einmal absieht von den unvermeidlichen Verlusten, die durch Verdampfung, Einsickern, Irrtümer in der Verteilung u. s. w. entstehen. Diese Überlegungen überzeugen uns davon, dafs die zahlreichen dunklen Streifen, welche den Planeten in jeder Richtung durchkreuzen, und welche häufig das Adriatische oder das Rote Meer an Breite erreichen, an Länge sogar übertreffen, trotz ihres Namens keine Kanäle sein können, dafs sie nicht in ihrer ganzen Breite Abflüsse der nördlichen Gewässer darstellen. Wenn das der Fall wäre, so vermöchten sie in wenigen Stunden die ganze Überschwemmung zu beseitigen, ohne dafs man irgend einen Vorteil aus ihnen zu ziehen vermöchte. Sicherlich geht durch jene Streifen hindurch ein Abfluss, aber er nimmt nicht die Breite des ganzen Streifens

ein; diese Breite würde viel zu grofs sein, und auch das wechselnde Aussehen und die Zweiteilung der Streifen lassen auf etwas anderes schliefsen, nämlich darauf, dafs wir die sogenannten Kanäle als Vegetationsgebiete anzusehen haben, die sich rechts und links von den wahren Kanälen ausdehnen; die letzteren folgen demselben Zuge, ohne aber eine Breite zu haben, die sie von der Erde aus sichtbar erscheinen liefse.[1]) Diese Vegetationszonen heben sich von der Umgebung durch eine dunklere Farbe ab, die sich ohne weiteres durch die Bewässerung selbst erklärt, da ja trockene Erde viel heller erscheint als feuchte, und ferner wird die Vegetation selbst zu diesem dunklen Aussehen beitragen. Die einförmige, helle Farbe, welche auf den Kontinenten vorherrscht, bezeichnet also die Gegenden der absoluten Wüste, und man kann infolge dessen schätzen, dafs neun Zehntel der Marsoberfläche eine solche Wüste bilden. Da die Schwere auf dem Mars nach denselben Gesetzen wirkt wie auf der Erde, nur mit einer Stärke, die dem Verhältnis 3 : 8 entspricht, so müssen Flüssigkeiten, die an der Oberfläche des Planeten ausgebreitet sind, die tiefsten Stellen aufsuchen, und so ergiebt sich, dafs die dunklen Zonen tiefer liegen als ihre helle Umgebung. Die Kanäle bedeuten also weit ausgedehnte, langgestreckte Thäler, und diesen Namen wollen wir nunmehr für sie beibehalten. Die Breite eines solchen Thales ist in allen seinen Teilen ziemlich die gleiche, und deshalb können wir wohl annehmen, dafs etwas Ähnliches auch für die Tiefe gelte, die übrigens klein sein wird, sicherlich viel kleiner als die Breite. Die Beobachtung zeigt uns, dafs ein solches Thal stets an einem Meere, an einem See oder an einem anderen Thale beginnt, und da die dunkle Farbe, die wir als eine Wirkung der Bewässerung und der Vegetation ansehen, die ganze scheinbare Breite einnimmt, so werden wir weiter schliefsen, dafs die Abhänge für das Wasser ebenso zugänglich sind wie die tiefsten Stellen. Welches der Ursprung dieser zahlreichen Thäler ist, die man auf der Karte sieht, ist schwer zu sagen; ihre enorme Breite macht es unwahrscheinlich, dafs sie auf künstliche Weise hergestellt seien. Unser Verstand vermag nicht so grofsartige Werke als Wirkungen von Kräften anzusehen, die mit der Kraft des Menschen vergleichbar sind. Wenn man aber von der allgemeinen Beobachtung dieser Dinge zum Studium der Einzelheiten übergeht und vor allen Dingen die Aufmerksamkeit auf die geheimnisvollen Verdoppelungen und die Regelmäfsigkeit der Form lenkt, die sich hier darbietet, so kann man den Gedanken, dafs

[1]) Ein dunkler Streifen auf der Oberfläche des Mars wird in unseren Fernrohren erst sichtbar, wenn er wenigstens eine Breite von 30—40 km. hat.

hier intelligente Wesen wenigstens in sekundärer Weise mitgewirkt haben, nicht als absurd zurückweisen. Giebt man die Richtigkeit unserer bisherigen Folgerungen zu, so erscheint dieser Schlufs durchaus nicht mehr allzu kühn, sondern er wird zu einer notwendigen Konsequenz. Nehmen wir für einen Moment an, dafs hier alles lediglich nach blinden physikalischen Gesetzen vor sich gehe, ohne Einwirkung eines verständigen Wesens; die geschmolzenen Schneemassen des Nordpols werden in dem Mafse, als sie aufgelöfst sind, dem Ozean zueilen, indem sie den weiten Thälern folgen, die ihnen den bequemsten Weg darbieten. Wenn der Boden des Thales konkav ist, wie bei fast allen Thälern auf der Erde, so wird sich das Wasser hier zu einem Strom von sehr begrenzter Breite vereinigen; die seitlichen Abhänge werden nicht in Mitleidenschaft gezogen, es entsteht keine Vegetation und Bewässerung derselben, die allein im stande sind, die für



Fig. 7.

die Sichtbarkeit nötige Breite hervorzubringen. Damit das Wasser und die Vegetation sich auf eine Breite von 100 bis 200 km ausdehnen können, wäre es nötig, dafs der Boden vollständig eben und gleichmäfsig wäre. Wir würden etwas Ähnliches haben wie einen grofsen Sumpf, in dem sich günstigsten Falles eine Flora und Fauna entwickeln könnte, wie wir sie in der Kohlenperiode gehabt haben. Mit solchen Annahmen kann man sich von den einfachen dunklen Streifen Rechenschaft ablegen, aber das Phänomen der zeitweiligen Verdoppelung bleibt unaufgeklärt. Man versteht nicht, warum in einem und demselben Tage das Feuchtwerden und die Vegetation sich zuweilen auf einer, zuweilen auf zwei einander parallelen Linien zeigen sollen, deren Abstand nicht immer derselbe bleibt und zwischen denen ein nicht bewässerter Landstreifen sichtbar wird. Wenn irgendwo, so wird es hier gerechtfertigt sein, das Einsetzen intelligenter Kraft zu vermuten, und die Art und Weise dieses Eingreifens mufs von den speziellen Bedingungen abhängig sein, die die Natur des Planeten seinen Bewohnern auferlegt. Betrachten wir auf der beistehenden Fig. 7 den vermutlichen Querschnitt eines solchen Marsthales; bei A sehen wir den obersten Rand der Böschung, bei B die Thalsohle. Wenn sich beim Beginn der Überschwemmung das Wasser ohne besondere Vorrichtungen in das Thal ergösse, so

würde es sich am Boden in Form eines Flusses von grofser Breite sammeln, während die Abhänge trocken bleiben würden. Um dem ganzen Thale für längere Zeit eine geeignete Bewässerung zu geben, müfsten die Ingenieure des Mars auf den beiden Abhängen in verschiedener Höhe eine Reihe von parallelen Kanälen anlegen, die in ihrer Breite mit unseren irdischen Kanälen vergleichbar wären. Da wo irdische Kanäle dem Zwecke der Bewässerung dienen, mag der unter Wasser gesetzte Teil zuweilen bis zu 35 km breit sein, und eben so grofs wollen wir uns die Zwischenräume zwischen zwei benachbarten Parallelen in den Marsthälern denken. Diese einzelnen Kanäle sind mit m, n, p bezeichnet. In den Zwischenräumen folgt das Gelände der natürlichen Böschung bis zum Boden des Thals hin.

„Wir denken uns nun, dafs nach dem Eintritt der Überschwemmung das Wasser mit Hilfe grofser Schleusen solange aufgehalten werde, bis es das Niveau der obersten Kanäle erreicht hat, und dafs nunmehr die beiden mit m bezeichneten gefüllt werden und Wasser an das sie begrenzende Gelände abgeben. Man wird dann zwei durch Bewässerung und Vegetation dunkler erscheinende Landstriche haben. Nach dem Verstreichen einer geeigneten Zeit würden dann die beiden nächsten Kanäle, welche bereits den Rest des Wassers aus den obersten Regionen aufgenommen haben, geöffnet und völlig unter Wasser gesetzt werden u. s. w. Die ursprünglich beobachtete Verdoppelung der Kanäle würde ihr Aussehen dahin ändern, dafs jetzt jede der beiden Komponenten breiter und deutlicher wäre; allmählich aber würden die beiden obersten Regionen m n und n m ihre natürliche Farbe wieder annehmen und unsichtbar werden; die Verdoppelung wäre freilich auch jetzt noch sichtbar, aber die Komponenten lägen näher zusammen, und endlich würde beim Fortschreiten jenes Prozesses die Verdoppelung aufhören, und nur noch ein einfacher Kanal übrig bleiben, der dann schliefslich auch verschwände. Diese Reihenfolge, welche hier, um ein Beispiel zu geben, angenommen wurde, ist natürlich nicht die einzige, die man sich denken kann; es braucht nicht immer eine vollständige Regelmäfsigkeit in diesem Sinne beobachtet zu werden; im besonderen könnte je nach der besonderen Art der Bodenkultur die Bewässerung eines Teiles längere oder kürzere Zeit andauern, oder an einem Punkte ganz ausfallen. Auch könnte man ein Interesse daran haben, im Grunde des Thales die Feuchtigkeit und damit eine Zone dauernder Vegetation, welche dann von der Erde aus fortwährend sichtbar wäre, zu erhalten. Dafs aber, wenn man überhaupt Marsbewohner annimmt,

diese das Wasser des nördlichen Schnees in einer der hier beschriebenen ähnlichen Weise ausnutzen müfsten, ist wohl fraglos, und unsere Annahmen, welche uns die verschiedene Länge und das verschiedene Aussehen der bebauten Thäler des Mars erklären, enthalten insofern nichts Wunderbares, ergeben sich vielmehr mit Notwendigkeit aus den Lebensbedingungen jener Bewohner. So würde man auch verstehen, warum die sogenannten Kanäle zuweilen etwas mehr nach rechts, zuweilen etwas mehr nach links verschoben erscheinen, ohne hierbei ihre Richtung zu ändern.

„Läfst man einmal die Hauptlinien unseres hypothetischen Gebäudes als berechtigt zu, so wird es nicht schwer sein, sich von den Einzelheiten Rechenschaft abzulegen, sich z. B. die ungeheuren Schleusen vorzustellen, die das Wasser gerade im richtigen Mafse verteilen, die Seen oder kleineren Wasserreservoire, die wieder den Vorrat für einzelne Partien der Thäler fassen, die Kanäle zweiter und dritter Ordnung, die die Vegetationsgebiete durchziehen, die zahlreichen hydraulischen Maschinen, welche das Wasser bei seinem Falle zu bewegen vermag u. s. w. Mars mufs das Paradies der Wasserbauingenieure sein.

„Und wenn wir es wagen, noch weiter zu gehen, wie interessant würde es sein, zu überlegen, welche Gesellschaftsordnung bei dem oben beschriebenen Stande der Dinge die zweckmäfsigste sein wird. Ob die Gemeinsamkeit der Interessen, die die Bewohner eines Thales unauflöslich aneinanderkettet, nicht hier die Einrichtungen des Sozialismus zweckmäfsiger und günstiger erscheinen läfst als auf der Erde? Mars könnte wohl das Paradies der Sozialisten sein, und vielleicht könnte der ganze Planet einen grofsen Staatenbund repräsentieren, in welchem die Bewohner jedes einzelnen Thales zu einem Bundesstaat vereinigt wären; vielleicht könnte auch im Gegenteil zur kräftigen Regierung dieses grofsen hydraulischen Organismus, von welchem das Leben aller abhängt, und zum Ausgleich der verschiedenen Bedürfnisse der verschiedenen Thäler nichts so geeignet erscheinen als eine Universalmonarchie im Danteschen Sinne. Und man könnte weiter darüber nachdenken, wie aufserordentlich straff die Gesetzgebung und die Überwachung der Gesetze sein mufs, um ein so grofsartiges und kompliziertes Werk richtig im Betriebe zu halten. Wie weit mufs die Mathematik, die Meteorologie, die Physik, die Technik vorgeschritten sein, um zur Lösung dieser aufserordentlich schwierigen und mannigfaltigen Probleme, die einem hier auf Schritt und Tritt entgegentreten, zu gelangen! Wie weit mufs auch die moralische

Bildung vorgeschritten sein, wie mufs die Achtung vor den Rechten eines anderen ausgebildet sein auf einem Planeten, wo das Wohl jedes Einzelnen so eng mit dem Wohle aller verbunden ist. Hier müssen sicherlich internationale Zwistigkeiten und Kriege unbekannt sein; denn es mufs ja jene ungeheure Summe von Scharfsinn, Fleifs und Mitteln, die von den thörichten Bewohnern eines Nachbarplaneten zur gegenseitigen Schädigung aufgewendet wird, dazu dienen, den gemeinsamen Feind, nämlich die Schwierigkeiten, welche durch die Kärglichkeit der natürlichen Spenden entstehen, zu überwinden. Das alles will ich dem weitereu Nachdenken des verehrten Lesers überlassen; er mag sich auf den Hippogryphen schwingen, von dem ich jetzt herabsteige."

Der Vulkan Kilauea auf Hawaii.

Mit einigen Bezugnahmen auf die Vulkane Italiens.

Von Dr. **Benedict Friedlaender** in Berlin.

Läge der Kilauea in Europa anstatt auf Hawaii, so wäre sicherlich die Vorstellung von einem Vulkane schlechthin ganz wesentlich anders, als sie bei den meisten von uns thatsächlich ist; denn fast alle denken bei diesem Worte in erster Linie an eine gewisse, unbestimmte Verallgemeinerung des Vesuvs oder höchstens einer Mehrzahl von Vulkanen, die aber doch in den wichtigsten Beziehungen sämtlich mehr oder minder nach dem Vesuv-Typus geartet sind. Und doch giebt es einen grofsartigen Vulkan von einer völlig verschiedenen Beschaffenheit, der, von der blofsen Entfernung abgesehen, mindestens so leicht zugänglich ist wie der Vesuv; einen Vulkan, der wegen seiner Gestalt und der Art seiner Thätigkeit eine bedeutend eindringendere Beobachtung gestattet, und von dem man den Eindruck gewinnt, als ob gerade er das Wesentliche des Vulkanismus in unvermischterer Form zeigte, als andere und speziell die populären italischen Feuerberge.

Als ich im Spätherbste 1893 bei einem Besuche der Vereinigten Staaten allmählich bis an den stillen Ocean gelangt war und an einem schönen Tage vom „Cliff-house" bei San Francisco das offene Weltmeer vor mir sah, da stieg der Wunsch in mir auf, wenigstens noch ein Stück weit hinauszufahren; und da mir ein Bekannter kurz vorher viel Rühmendes von den Sandwich-Inseln berichtet hatte, die Fahrt nach Hawaii aber in Californien nur als eine Art „Ausflug" angesehen wird, so fafste ich einen amerikanischen Entschlufs und war wenige Tage später an Bord der „Australia", die mich in 7 Tagen nach Honolulu brachte.

Es ist das eine Fahrt von etwa 2100 Seemeilen in ungefähr südwestlicher Richtung, die sich vor mancher andern durch den meist erfreulichen Zustand des Wetters und Meeres auszeichnet. Man kommt

dabei etwa vom 38.° n. B. und 122.° w. L. zum 21.° n. B. und 158.° w. L.,[1]) überschreitet also den Wendekreis des Krebses und betritt den Tropengürtel. Die grünblaue Farbe des Meeres bei San Francisco geht gegen Ende der Fahrt in ein reines tiefes Blau über; man bekommt einige andere Inseln des Hawaii-Archipels in Sicht, fährt an ein Paar kahlen



Wald am Nordabhange des Kilauea.
Aufnahme des Verfassers.

Küstenkratern der Insel Oahu vorüber und läuft durch eine Öffnung des Korallenriffs in den Hafen von Honolulu ein. Schon vom Schiffe aus sieht man den schäumenden Brandungsstreifen am Riffe; am Strande

[1]) Dem Zwecke des Aufsatzes entsprechend sind die meisten Zahlenangaben abgerundet; auf Winkelminuten und einzelne Meter kommt es hier nur selten an. Einige Ziffern, die blos auf eigener Schätzung beruhen, sind als solche kenntlich gemacht.

die zierlichen Cocospalmen, unter denen weifse Häuschen hervorschimmern; im Hintergrunde hohe, zackige, aber mit leuchtend grüner Vegetation bedeckte Bergketten, deren Gipfel meist hier und da von regenschweren Wolken verdeckt sind, während an anderen Orten derselben Insel das schönste Wetter ist. So sah ich Oahu zum ersten Male, und das ist auch das normale Aussehen der Insel; der Regenbogen gehört dort beinahe zur Landschaft. Der Gegensatz in allen Beziehungen zwischen Ausgangs- und Endpunkt der verhältnismäfsig kurzen und bequemen Reise ist überraschend; man kommt sozusagen in eine andere Welt; hat man doch den nordöstlichen Vorposten des fabelhaften Polynesien erreicht, dessen Inselflur sich bis nach den australischen Küsten erstreckt. Gerade hier aber sind die Inseln dünner gesät, wie ein Blick auf die Karte lehrt. Es giebt wohl keine Landmasse von gleicher Ausdehnung — etwa dem Königreich Sachsen gleich, nämlich ungefähr 17000 qkm —, die so vollständig von der übrigen Erde abgeschieden wäre, wie das ehemalige Königreich Hawaii, wenn man von einigen Inselchen absieht, die eine spärliche Fortsetzung der eigentlichen Gruppe bis weit über den Wendekreis hinaus bilden, und zu denen auch das jüngst wegen des pacifischen Kabels viel genannte Necker-Island gehört. Das nächste bewohnbare Land (von wenigen kleinen Inseln abgesehen) ist in keiner Richtung weniger als 2000 Seemeilen (zu 1,855 km) entfernt. So war denn auch für die eingeborenen Polynesier, die liebenswürdigen Hawaii-Kanaka, bis zur „Entdeckung" der Inseln durch Cook im Jahre 1778 ihre Inselgruppe die Welt. Von den Eingeborenen und den Fortschritten der weifsen „Civilisation" zu reden, ist hier nicht der Ort; ebensowenig kann ich hier über die politischen Ereignisse der letzten Jahre auf Hawaii sprechen,[2]) und da ich mich überhaupt im wesentlichen auf den Kilauea, als den für die Leser dieser Zeitschrift interessantesten Gegenstand beschränken will, so können auch über die Geographie, Geologie und Flora nur wenige Andeutungen gegeben werden.

Die Hawaii-Gruppe besteht aus 5 gröfseren und mehreren kleineren und kleinsten Inseln. Die Hauptinseln, in der Richtung von N.W. nach S.O. sind: Kauai, Oahu, Molokai, Maui, Hawaii. Nach dem allgemeinen Aussehen zu schliefsen, sind sie geologisch nicht gleichen Alters; die südöstliche, Hawaii, scheint die jüngste zu sein, das nordwestliche Kauai die älteste; eine ziemlich scharfe Grenze bildet die

[2]) Ein Aufsatz von mir hierüber findet sich im Aprilheft der „Neuen deutschen Rundschau" („Aphorismen über die Rassenfragen in der Völkergeschichte" u. s. w.).

Landenge, welche Nordwest-Maui von dem südöstlichen Teile derselben Insel, dem ca. 3050 m hohen erloschenen Vulkane Haleakala, dem angeblich gröfsten Krater unseres Planeten, trennt. (Nach Marcuse beträgt der Umfang des Kraters 45 km, der Durchmesser am oberen Rande 12 km, die Wandhöhe 770 m.)

Aufserdem steht aber auf jeder der Inseln die nordöstliche Passatwindseite in einem wesentlichen Gegensatze zur südwestlichen Überwind- oder „Lee"-Seite. Diese ist meist regenarm und oft ziemlich kahles Weideland, während die Niederschlagsmengen auf der Windseite zu den gröfsten bekannten gehören. Hier entfaltet sich die ganze Pracht der Vegetation und der Urwälder, die zwar nicht eben sehr artenreich sind, aber an Üppigkeit kaum übertroffen werden können.

Die nordwestlichen Inseln sind durch die Thätigkeit des Regenwassers bereits tief erodiert; von den Basaltvulkanen sind dort nur prächtige Ruinen übrig geblieben. Von einem oder einigen Mittelpunkten aus verbreitet sich radienförmig ein System von zerrissenen, oben oft ganz schmalen Graten, die nach der Küste zu niedriger werden und ihren an 1000—2000 m hohen Kulminationspunkt in der Nähe des Zentrums haben. Sie schliefsen Thäler und Schluchten ein, die nach der Küste zu verstreichen, weiter landeinwärts aber oft geradezu Hochgebirgscharakter annehmen. Meist enden sie in der Nähe des Zentrums mit einem weiten, grofsartigen Amphitheater; zu beiden Seiten und nach der Mitte zu ist man von unnahbar steilen, viele hunderte von Metern hohen Felswänden eingeschlossen, über welche reichliche Wasserfälle herabstürzen, die sich unten zu einem rauschenden Bache vereinigen; auf der andern Seite erblickt man, wenn das Thal nicht zu starke Windungen macht, in weiter Ferne ein Stückchen des tiefblauen Ozeans. Aber alles, Berge, Felswände und Thalboden, ist mit ewig grüner Vegetation bedeckt, so dafs der Eindruck des Freundlichen und Lieblichen überwiegt, obwohl sich so manche Landschaftsbilder von fast alpiner Grofsartigkeit finden; phantastisch zernagte Bergkämme und Felsnadeln verbergen ihre Gipfel in den Wolken des Passats; aber das ganze ist in ein reich nüanciertes Grün gekleidet. Der Bach in der Thalsohle verschwindet in einem dunkelgrünen, dichten Buschwerk von Guaven, (Psidium Guayava); von buntblühenden Windenarten (Ipomoea-Species) übersponnene hohe Sträucher mit lindenartigem Blattwerk und Malvenblüten (Hibiscus tiliaceus) sowie der fremdartige Pandanus odoratissimus mit seinen wunderlich schraubenförmig angeordneten, spitzigen Blättern finden sich gleichfalls meist in den geringeren Höhen. Weiter oben leuchtet durch das auffallend helle

Grün der dichten grofsblättrigen Kronen eine Gruppe der platanenartigen „Kukui-Bäume" hervor, des Aleurites triloba, eines stattlichen Baumes aus der Familie der Euphorbiaceen. Die Hauptcharakterpflanzen Hawaiis sind aber die verschiedenen Arten von Baumfarnen (besonders Cibotium) und der Metrosideros polymorpha („ohia lehua"), eine Myrtacee, die je nach der Bodenbeschaffenheit hohe Bäume oder niedriges Strauchwerk darstellt. Weiter oben ist die knorrig gewachsene



Volcano (Liparische Inseln.)
Intermittierende Eruptionen von Dampf und Schutt, 1888 und folgende Jahre.
Nach einem Original von Prof. A. Silvestri.

Acacia Koa mit ihren graugrünen, sichelförmigen Scheinblättern einer der wichtigsten Waldbäume.[3])

Auf Hawaii, der gröfsten und geologisch anscheinend jüngsten Insel, giebt es nur am äufsersten Nordostrande ein Paar solcher Erosionsschluchten; dafür aber enthält sie die höchsten Erhebungen der Gruppe, und vor allem die beiden noch thätigen Vulkane Kilauea und Mauna Loa.

[3]) Die Flora der Hawaiischen Inseln ist sorgfältig bearbeitet von W. Hillebrand. (Flora of the Hawaiian Islands. London, New-York und Heidelberg, C. Winter, 1888.)

Für Geographie und eingehendere Landschafts - Schilderungen mufs ich aber den Leser auf die zahlreichen und teilweise nicht üblen Spezialschriften und Karten verweisen; ein wenig umfangreiches, aber reichhaltiges Buch von Marcuse (Berlin, R. Friedländer, 1894) mit zahlreichen Reproduktionen von Photographien und Litteraturnachweisen ist im ganzen recht empfehlenswert, mit Ausnahme des auf den Kilauea bezüglichen Abschnitts. Die Beschreibungen des Kilauea sind überhaupt oft wenig gelungen, was wohl meist darin seinen Hauptgrund hat, dafs die Autoren dem Kilauea eben gerade nur einen flüchtigen Besuch auf ein paar Tage abstatten konnten und — aus dem Gesehenen selbst nicht so „recht klug" geworden sind. Ungewöhnliche Landschaftsbilder und Scenerien, die dem Ungewohnten fast unfehlbar ein Grauen erwecken, können nur durch oft wiederholte Besuche und genaueres Studium erst einmal richtig verstanden werden; so sind ja auch beispielsweise die Schilderungen des Sonntagsbergsteigers für den Freund der Gletscherregionen meist ungeniefsbar, selbst wenn sie noch so kunstvoll und geläufig vorgetragen werden. Ähnliches hatte ich auch schon betreffs der italischen Vulkane bemerkt, von denen ich allein den Vesuv (von Wanderungen im Atrio und auf der Somma abgesehen) etwa 15 mal erstiegen habe. Auf dem Ätnagipfel erlebte ich einen Untergang und zwei Aufgänge der Sonne; aufserdem habe ich der grofsen Eruption im Sommer 1892 in nächster Nähe beigewohnt. Die sonderbaren, intermittierenden Ausbrüche von Schutt und Asche des Volcano im äolischen Archipel, die im August 1888 begannen, betrachtete ich im Juni 1889 vom Kraterrande aus, wobei ich Gelegenheit hatte, in den Dampfmassen die elektrischen Entladungen zu beobachten, die wenige Sekunden nach dem ersten Schusse in der staubgeschwängerten, haufenwolkenartig geballt emporsteigenden Dampfsäule aufblitzten, lange ehe sich diese zur berühmten Pinienform von etwa 1500—2000 m Höhe ausgewachsen hatte, was doch mindestens eine Minute erforderte.[4]) Ferner habe ich bei zahlreichen Ausflügen, besonders auf den Phlegräischen Feldern und auf Ischia, viele erloschene Vulkane zu sehen bekommen und kurz vor meinem Besuche Hawaiis von den Wundern des Yellowstone-Parkes wenigstens so viel gesehen, wie das bei der gewöhnlichen Tour möglich ist.

So kam ich also nicht so unvorbereitet an den Kilauea wie die

[4]) Vergl. die Abbildung S. 45, nach einer Originalaufnahme des Herrn A. Silvestri, dem ich für die Reproduktionserlaubnis zu Dank verpflichtet bin.

meisten Besucher; und dennoch habe ich mich trotz dreiwöchentlichen Aufenthalts im Vulkanhause (dem am Kraterrande des Kilauea stehenden Hotel) und 18maligen Hinabsteigens zum Lavasee nur schwer losreifsen können, da ich fast bei jedem Besuche neue Beobachtungen machte und namentlich bei den ersten Malen die bisher gewonnenen Anschauungen in manchen Einzelheiten zu verbessern hatte. Eine bis ins Detail gehende Schilderung kann nun aber schon des Umfanges wegen in einer Zeitschrift kaum gegeben werden, und ich mufs den sich spezieller interessierenden Leser auf die beste mir bekannte Schrift über den Kilauea, das mit vielen Karten ausgestattete, umfangreiche Werk J. D. Danas[5]) (dessen Tod am 15. April 1895 aus New-Haven, Conn., gemeldet wurde) verweisen.

Der Kenner der italischen Vulkane wird vielleicht beim ersten Anblicke des Kilauea noch mehr erstaunen als der völlige Neuling. Der Kilauea und der Volcano — wenn er in jener Art thätig ist, wie Ende der 80er Jahre — bilden vielleicht die äufsersten Gegensätze, die bei thätigen Vulkanen überhaupt vorkommen. Der kleine, noch keine 400 m hohe, stellenweise wohl bis zu fast 40° geneigte und breit abgestutzte Kegelberg Volcano arbeitete so gut wie ohne Lava, aber mit erstaunlichen Mengen von Dampf und Schutt; gelegentlich und besonders anfangs schofs er allerdings dabei auch mit grofsen, glühenden Bomben; aber bei den acht Explosionen, die ich am Kraterrande abwarten und so in nächster Nähe beobachten konnte, schienen sogar die Bomben zu fehlen, wobei freilich zu berücksichtigen ist, dafs sie sich wegen ihrer grofsen Fluggeschwindigkeit und der völligen Undurchsichtigkeit des aschehaltigen Qualms der Beobachtung leicht hätten entziehen können.

Aber auch beim Vesuv und beim Ätna spielt Dampf und Schutt eine Hauptrolle. Die oberen 4—500 m des etwa 1250 m hohen Vesuvs, der sogenannte „Aschenkegel“ (N.B. nicht zu verwechseln mit dem etwa 1/10 so hohen, oben aufgesetzten „Eruptions-“ oder „Zentral-

[5]) James D. Dana, „Characteristics of Volcanoes etc.“; Dodd, Mead & Co., New-York, 1891. — Auch das weniger bekannte Buch von William Lowthian Green, „Vestiges of the Molten Globe“, dessen erster Teil 1875 in London bei Edward Stanford, 55, Charing Cross, dessen zweiter 1887 in Honolulu bei der Hawaiian Gazette Publishing Company erschienen ist, enthält eine Fülle eingehender Beobachtungen und verrät einen sehr genauen Kenner gerade des Kilauea. Jener Minister weiland König Kalakauas stellt freilich manche sehr kühne Hypothese auf. Es mag hier erwähnt sein, dafs er so z. B. die Elementnatur des Stickstoffs und des Schwefels fast spöttisch bezweifelt, was gerade jetzt von Interesse sein mag.

kegel" [„cono centrale"]) ist zwar von vielen kleinen Lavaströmen durchsetzt, gleicht aber dennoch, wie der Name besagt, entschieden einem mächtigen Haufen von Geröll, Schutt, Steinen und Staub. Die fast immer reichlichen und bei gröfseren Ausbrüchen massenhaften Dämpfe reifsen bei ihrem gewaltsamen Entweichen aus der zähflüssigen Lava zahllose Fetzen, Brocken und staubartigen Teile mit, die meist einige Male in der Minute, zuweilen seltener, mitunter aber auch fast ununterbrochen, oft zu beträchtlichen Höhen geschleudert werden. Diese von Zeit zu Zeit aufleuchtenden Garben glühender Steine und die von ihnen erhellten Dämpfe sind nachts weithin sichtbar und sehen in der Entfernung oft täuschend wie eine grofse, auflodernde Flamme aus. Die einzelnen Lavafetzen, „Lapilli" oder napoletanisch „Rapilli" genannt, sind meist von Faust- bis zu Kopfgröfse und äufserst rauh; sie fallen in der Nachbarschaft der thätigen „bocca" nieder und bilden eine natürliche Böschung zwischen 30° und 40°. So entsteht der kleine „feuerspeiende" „Eruptions-" oder „Zentral"-Kegel, der seit etwa zwei Jahrzehnten, trotz beständigen Wechsels in den Einzelheiten, doch eines der am meisten charakteristischen und populären Hauptmerkmale des Vesuvs ausmacht. Dieser Zentralkegel erhebt sich inmitten des kleinen, schwach gewölbten Gipfelplateaus[6]), das selbst der Überrest des allmählich fast ganz ausgefüllten grofsen Kraters ist, den die 1872er Eruption hinterlassen hatte. Der Zentralkegel wird niemals sehr hoch, obwohl ja doch fortwährend neues Material nachgeschüttet wird; er wächst zwar langsam in die Höhe, stürzt aber gelegentlich immer wieder zusammen, grofsenteils nach innen, wobei er natürlich viel niedriger, aber breiter und seine Öffnung weiter wird. Dies habe ich Ende der 80er Jahre in der angegebenen Weise gesehen. Ende April 1889 war der Eruptionskegel verhältnismäfsig sehr hoch und spitz, die „bocca" auf seinem Gipfel bedenklich unruhig und sehr eng. In den ersten Tagen des Mai sank der Eruptionskegel plötzlich in sich zusammen, wurde viel niedriger — was man sogar von Neapel aus sehen konnte — und seine Öffnung sehr viel weiter; sie wurde sozusagen von einer „bocca" zu einem „neuen Krater", auf dessen Boden sich eine glühende, dampfende und Rapilli schiefsende Öffnung befand. In den ersten Wochen nach dem Zu-

[6]) Wie leicht zu verstehen, mufs das „Gipfelplateau" im Laufe der Zeit verschwinden und der Abhang des cono centrale mit dem des Aschenkegels immer mehr zu einem einheitlichen Kegelmantel werden; wenn nicht etwa eine grofse Eruption den ruhigen Entwicklungsgang unterbricht. Da ich den Vesuv seit einigen Jahren nicht mehr gesehen habe, so weifs ich nicht, ob nicht jener Fall bereits eingetreten ist.

sammenbruche des Eruptionskegels aber herrschte eine ganz ungewöhnliche Ruhe am Gipfel, während sich, etwa gleichzeitig mit dem Zusammenbruche des Kegels, nach dem Atrio zu auf tieferem Niveau ein Spalt geöffnet hatte, der ein ansehnliches Lavaströmchen ergofs. Nach Bekanntschaft mit dem Kilauea und seinem Formwechsel, der später besprochen wird, ist es mir kaum zweifelhaft, dafs das Zusammensinken des Eruptionskegels eine Folge des Abfliefsens der darunter befindlichen Lava durch jenen seitlichen Spalt auf tieferes Niveau war.[7]) In wenigen Monaten schuf sich dann die erwähnte Öffnung am Boden des neu entstandenen Kraters durch Rapilli-Werfen ein sekundäres oder besser eigentlich sogar tertiäres Zentralkegelchen, welches nach und nach durch die fortschreitende Ausfüllung des „neuen Kraters“ mit dem Überrest des früheren Zentralkegels zusammenwuchs; womit der status quo ante wieder hergestellt war.

Bei der 1892er Ätna-Eruption entstanden auf dem südsüdöstlichen Abhange des grofsen, etwa 3300 m hohen Vulkans durch Aufschüttung drei neue Seitenkegel, prinzipiell in genau derselben Weise wie der Zentralkegel des Vesuvs, nur dafs hier alles in sehr viel gröfserem Mafsstabe vor sich ging. Die Wurfhöhe der oft ganz kolossalen, glühenden Blöcke betrug allermindestens 300—600 m,[8]) und die neuen Seitenkegel wuchsen zu ansehnlichen kleinen Bergen heran. Aus dem gespaltenen Kegel des untersten dieser „monti Silvestri“ getauften neuen Berge flofs die Hauptmasse der Lava heraus. Es ist damals in dieser Zeitschrift über jene Eruption berichtet worden; ein Blick auf die Figuren auf Seite 51 und 52 des V. Jahrganges zeigt u. a. auch namentlich die grofse Menge des von den neuen Seitenkratern produzierten Dampfes.

Alle diese für die italischen Vulkane so charakteristischen Züge fehlen bei den Vulkanen Hawaiis, wenigstens den beiden einzigen noch thätigen, den im südöstlichen Teile der Insel Hawaii liegenden Bergen Mauna Loa (ca. 4170 m) und Kilauea (ca. 1200 m). Zwar

[7]) Demnach war also nach unserer Auffassung jener Anfang Mai 1889 entstandene neue Krater, der das Aussehen des Vesuvgipfels in höchst überraschender Weise änderte, ein „Einbruchskrater“ in ganz ähnlichem Sinne, wie beim Kilauea; die grofsen Unterschiede waren mehr äufserlicher Art und nur dadurch hervorgerufen, dafs der Vesuv, wie gesagt, mit viel Dampf und zäher Lava, der Kilauea mit sehr wenig Dampf und dünnflüssiger Lava arbeitet.

[8]) Wahrscheinlich aber gelegentlich auch das doppelte; ich habe einige Male die Fallsekunden gezählt und auf diese Weise unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes und sogar nach Abzug von 1—2 Sek. — um eine Übertreibung gänzlich auszuschliefsen — die oben genannte Zahl erhalten.

giebt es in der Nähe und auf dem Boden des Kilaueakraters eine Menge von Wasserdampffumarolen, da es natürlich auf dem Kilauea viel regnet, der Kraterboden eine Vertiefung darstellt und von zahlreichen Spalten und Rissen durchzogen ist, durch welche die Niederschlagswasser zu tieferen, heifsen Stellen gelangen und als Wasserdampf wieder hinausbefördert werden; aber aus dem Herde des Kilauea, dem geschmolzenen Basalt des Lavasees, entweicht in der Regel nur eine ganz winzige Dampfmenge;



Vulkanwolke über dem Feuersee des Kilauea.

ja, ein guter Kenner des Kilauea (Green) bezweifelt das Vorhandensein von Wasserdampf überhaupt. Für gewöhnlich ist von einer für thätige Vulkane sonst so bezeichnenden Dampfwolke nichts zu sehen; nur unter besonderen atmosphärischen Verhältnissen bildet sich namentlich gegen Sonnenauf- und Untergang eine Vulkanwolke, die aber, im Gegensatze zu der des Vesuvs und andrer Vulkane, nicht aus dem Krater aufsteigt, sondern frei über ihm in beträchtlicher Höhe zu schweben scheint (vergl. die vorstehende Abbildung). Dabei sieht man, wie sie unten fortwährend nachwächst, um sich oben wieder aufzulösen, eine Erscheinung, wie sie ja namentlich bei Wolken an Hochgebirgsgipfeln zu sehen ist. Natürlich giebt es über dem Lavasee

immer einen starken, aufsteigeuden, heifeen Luftstrom; zweifelloe kommt auch die echwebende Wolke zu stande, indem Dämpfe beim Aufsteigen infolge von Abkühlung kondensiert werden; und sicherlich liegt der Gedanke am nächsten, dafs dieee Dämpfe, überhitzt und mit anderen Gasen gemischt, also unsichtbar aus dem daruuter liegenden Lavasee aufsteigen; trotzdem aber könnte ich den von Green gemachten Einwand nicht widerlegen, dafs der Dampf einen anderen Ursprung habe, beispieleweise von den benachbarten Fumarolen oder, wie Green meint, gar von eeitlich mitgeriseener, feuchter Passatwindluft herrühre. Jedenfalls ist ee bezeichnend geuug, dafs das Vorhandensein von Wasserdampf unter den eigentlichen Produkten des Kilauea überhaupt in Zweifel gezogen werden konnte. Um eo gewaltiger eind die Massen dünnflüseiger Lava, die den Hawaiischen Vulkanen entströmen. Das Becken dee Lavasees im Kilaueakrater, das nach einer Vermessung vom Auguet 1892 des Haw. Survey-Amts etwa 250 m Durchmesser hei annähernd kreisförmiger Gestalt hatte, früher aber nicht eelten sehr viel gröfeer war — zu Zeiten gab es auch mehrere „Seen" im Kilaueakrater —, ist seit unserer Kenntnis von Hawaii fast immer von flüssiger Lava erfüllt; der von einer meilenweit ausgedehnten Lavawüete umstarrte, in etwa 4000 m über dem Meeresniveau thronende Zentralkrater des Mauna Loa hingegen, der Mokuaweoweo, ist meist ruhig. Öfters aber entspringen aus seinem Boden Fontänen flüssiger Lava, die nach den übereinetimmenden Berichten Vertrauen verdienender Beobachter hunderte von Metern in die Luft etiegen, während die höchst dünnflüseigen Lavaströme[9]) meiet etwae unterhalb des Gipfelkraters ausbrachen und bie zu 50 km Länge erreichten.

Die Geringfügigkeit der Dampfmengen im Verein mit der Maesenhaftigkeit sehr dünnflüseiger Laven ist nun die wesentliche Ursache der Eigentümlichkeiten der Hawaiiechen Vulkane und epeciell des Kilauea und des Mauna Loa.

[9]) Mauna Loa-Lava will man gelegentlich mit Löffeln geschöpft haben!

(Fortsetzung folgt.)

Die Farbenzerstreuung durch die irdische Lufthülle.

Durch Versuche von Prosper Henry ist — worauf wir in H. u. E., Bd. IV, S. 377 hinwiesen — konstatiert, dafs die Atmosphäre nicht blos das Licht eines Sternes aus seinem geradlinigen Wege ablenkt, sondern es auch in die verschiedenen Farben seines Spektrums zerlegt, indem sie auf jeden Bestandteil des weifsen Lichtes in anderer Weise ablenkend wirkt. Henry konnte nun das Mafs dieser Ablenkung bestimmen und zeigen, dafs das Bild jedes Fixsternes zu einem farbigen Bande ausgezogen erscheint, welches z. B. 4,36 Bogensekunden zwischen den Fraunhoferschen Linien B und H mifst.

Die Thatsache der atmosphärischen Farbenzerstreuung ist freilich länger bekannt. Bereits 1729 bemerkte Bouguer, dafs das Bild eines weifsen Sternes im Teleskop zu einem vertikalen farbigen Bande ausgezogen erschien, dessen rotes Ende zu oberst lag, und 1815 zeigte See, welche Fehler in die Beobachtungen verschiedenfarbiger Sterne hineingetragen werden müssen, wenn man von den Wirkungen der verschiedenartigen Strahlenbrechung absieht. Am stärksten werden diese Wirkungen natürlich dort sein, wo die Refraktion am gröfsten ist, also in niedrigen Höhen. Sie sind dann auch mit kleinen Fernrohren für helle Sterne gut wahrnehmbar, und man kann sich — wie G. B. Airy angegeben hat — von dieser Fehlerquelle frei machen, wenn man ein besonderes Okular anwendet oder auch ein dünnes Prisma vor das Okular hält.

Diesen Wirkungen der Atmosphäre mufs in unseren Tagen, da die Genauigkeit astronomischer Messungen einen so hohen Grad angenommen hat, natürlich Rechnung getragen werden. Wo es sich um absolute Ortsbestimmungen, etwa um Meridianbeobachtungen, handelt, wird man wohl eher davon absehen können, als dort, wo es sich um die Differenzen in der Position einander naher Sterne handelt, wie bei Trabanten- und Doppelsternbeobachtungen und Parallaxenbestimmungen. Insbesondere wird man in den nicht seltenen Fällen, in

denen die Komponenten eines Doppelsternes verschiedene Farben aufweisen, wesentlich andere Messungen für die Distanz und die Richtung, in welcher ein Stern vom andern liegt, erhalten, je nach der Höhe, in welcher man das Sternpaar beobachtet — also, wenn alle Beobachtungen derselben Sternwarte angehören, je nach dem Stundenwinkel, in welchem der Doppelstern gemessen wird.

Man berücksichtigt freilich, wenn Distanzmessungen überhaupt vorgenommen werden, stets die Stellung des Objektes und korrigiert die Messungen wegen der Verschiedenheiten in der Strahlenbrechung. Es ist aber auch die besondere Farbe jedes Sternes zu berücksichtigen, weil eben durch diese die Refraktion ganz naher Objekte sehr verschieden herauskommen kann. Solche Unterschiede in der Strahlenbrechung waren auch früheren Beobachtern nicht entgangen. Der schönste Doppelstern des südlichen Himmels (α im Centauren), der als erster Fixstern bereits Henderson seine Entfernung von der Erde verraten hat, ist neuerdings von Gill und Elkin Messungen unterworfen worden, bei denen sich eine starke Abhängigkeit der gemessenen Distanzen von dem Stundenwinkel ergab, welche die Forscher empirisch bestimmen und in Rechnung stellen konnten.

Bei einer Revision der Dunsinker Beobachtungen, welche den zweitnächsten Fixstern, Bessels Schwanenstern, betrafen, hat sich auch eine wesentliche Verbesserung herausgestellt, wenn man die verschiedene Brechbarkeit der einzelnen Farben in der irdischen Lufthülle berücksichtigt; der dort gefundene viel zu kleine Wert für die Entfernnng dieses Fixsterns ist jetzt soweit erhöht worden, dafs er sich anderen Bestimmungen nähert.

Neuerdings hat Dr. Rambant (M. N. Jan. 95) eine Reihe von Messungen veröffentlicht, die er an dem Sterne β im Schwan angestellt hat, diesem leicht trennbaren Doppelstern, bei welchem die Farben der Komponenten stark mit einander kontrastieren. Diese Beobachtungen zeigen ganz klar, dafs die scheinbare gegenseitige Entfernung derselben so beeinflufst wird, wie es die theoretischen Betrachtungen erfordern.

Es wird freilich nicht leicht sein, dieser Fehlerquellen Herr zu werden, da die farbigen Bestandteile des Sternenlichtes beim Hinabsteigen in geringere Höhen in immer anderer Menge verzehrt werden, und auch der Eindruck auf das Auge ein immer anderer wird, wie dies in H. u. E. Bd. IV, S. 370 f. auseinander gesetzt wurde. Sm.

Ursachen der Eiszeit. Das lombardische Institut hatte für 1894 einen Preis ausgeschrieben für das Studium der Klimate zur Zeit der glazialen und quaternären Epoche und der Ursachen, welche zu deren Modifikation beigetragen haben können. Luigi de Marchi hat zur Beantwortung eine Abhandlung eingereicht, welche nach dem Berichte, den Prof. Schiaparelli erstattet hat, den Gegenstand in eingehender und gründlichster Weise behandeln dürfte. Der Verfasser kommt zu dem Resultate, dafs die hauptsächlichsten der zur teilweisen Vergletscherung der Erde bisher aufgestellten Hypothesen, wie die Veränderlichkeit der Exzentrizität der Erdbahn, der Schiefe der Ekliptik, und die Variation der Intensität der Sonnenstrahlung, entweder überhaupt nicht oder doch nur zum geringen Teil das Entstehen jener meteorologischen Bedingungen erklären, welche man gegenwärtig als eine Voraussetzung für die einstige Vereisung der Erde aufstellen mufs. Diese Bedingungen bestehen in der allgemeinen Abnahme der Temperatur vom Äquator bis zum 70. Breitegrade — mit kleiner Differenz des Ozean- und Kontinentalklimas, — einer Zunahme der Temperatur der Polarregionen und einer Verminderung der Jahresschwankungen dieser Wärmezustände. Die Hauptursache liegt nach de Marchi in einer gänzlichen Veränderung der Durchsichtigkeit der Atmosphäre der Erde, hervorgerufen durch grofse Mengen von Wasserdampf, welche bestimmte Zeiträume hindurch dichte Bewölkung, übermäfsige Regenfluten und allgemeine Temperaturabnahme zur Folge hatten. Man hätte also eine oder mehrere Perioden von grofser Luftfeuchtigkeit anzunehmen, welche sich in den Epochen der Erdbildung einstellten und einander folgten. In schwachen Umrissen existiert gegenwärtig noch in den meteorologischen Prozessen der Atmosphäre der Rest einer solchen Periode in Form der von Brückner festgestellten 35 jährigen Periode erhöhter Luftfeuchtigkeit. Als Ursache der aufserordentlichen Zunahme des Wasserdampfes der Luft zur Zeit der quaternären Epoche hat schon Charpentier eine gleichzeitige vermehrte Thätigkeit der Vulkane der Erde hingestellt. De Marchi findet aus den Vergleichen der vulkanischen Ausbrüche mit Brückners Regenperiode, dafs gegenwärtig in den Aufzeichnungen ein Zusammenhang zwischen erhöhter Luftfeuchtigkeit und vulkanischer Thätigkeit nicht zu erkennen ist, dafs aber in der Frequenz der Eruptionen eine Periodizität hervortritt, die der Aufeinanderfolge der bekannten 11 jährigen Periode der Sonnenflecke entspricht. Die Hypothese de Marchis würde hinreichen, drei geologisch von einander sehr verschiedene Epochen zu erklären. Die gleichförmige Temperatur, die

während der tertiären Ära wahrscheinlich geherrscht hat, ist annehmbar, wenn in dieser Epoche die Atmosphäre noch viel durchsichtiger als jetzt war, und auch die Entdeckung Heers einer einst höheren Temperatur der Polarregionen während eines Teils der tertiären Ära und das Auftreten einer polaren Flora wird leichter verständlich. Durch die oben angedeuteten Ursachen der Vermehrung des Wasserdampfes würde dann der Rückgang der Temperatur während der Glazialepoche geschaffen, und durch die aufserordentlichen Niederschläge die quaternäre Epoche mit ihren ungeheuren Aufschüttungen und Ablagerungen eingeleitet worden sein. Es würden also durch diese Hypothese drei der wichtigsten Abschnitte in der Geschichte der Erdbildung auf eine und dieselbe Ansicht zurückgeführt werden. — Man darf wohl auf das Erscheinen des Werkes de Marchis, welches übrigens, wie es scheint, auch in Beziehung auf die Meteorologie Neues und Wichtiges enthält, gespannt sein. *

Wieder ist dem Lick-Observatorium eine grofsartige Schenkung gemacht worden. Herr Edward Crofsley, der Besitzer einer Privat-Sternwarte in Halifax, hat dem Observatorium auf dem Mount Hamilton seinen Reflektor von 3 Fufs Durchmesser nebst Kuppel angeboten. Dieses Anerbieten wurde natürlich mit grofsem Dank angenommen, und so wird die Bergsternwarte in Californien neben ihrem sechsunddreifsigzölligen Refraktor einen Reflektor von derselben Öffnung besitzen. Interessant wird der direkte Vergleich der Leistungen dieser beiden gewaltigen Instrumente sein, die nun unter ganz gleichen Bedingungen zur Benutzung kommen, und wir dürfen von den Himmelsforschern im fernen Westen, denen wir schon so manche bedeutenden Beobachtungen verdanken, hierüber wohl bald nach der Aufstellung des Teleskopes interessante Mitteilungen erwarten. Hm.

Bibliographisches

Adolf Hertzka: Die Photographie. Ein Handbuch für Fach- und Amateurphotographen. Berlin, R. Oppenheim. 1895. XV u. 393 Seiten, 3 Taf. Preis 6 Mark.

Verfasser glaubt eine Lücke in der photographischen Litteratur gefunden zu haben, „indem die einzelnen Publikationen — teils auf grofser Basis angelegt — wohl eine wichtige Fundgrube für den Forscher bilden, nicht aber in die grofse Allgemeinheit zu dringen vermochten, teils wieder andere wegen ihres zu knappen Inhalte dem Anfänger nur eben über die ersten Anfänge hinanshelfen können". Das Fehlen eines Lehrbuches, welches den Mittelweg einschlägt, wird vielleicht in den Kreisen der Fachphotographen, schwerlich aber von Amateuren empfunden sein, da letzteren für jeden sie besonders interessierenden Wissenszweig eine ausreichende Speziallitteratur zur Verfügung steht. Trotzdem zweifeln wir nicht, dafs das vorliegende Buch zahlreiche Freunde finden wird, und zwar namentlich wegen seiner übersichtlichen Anordnung und wegen der vielen praktischen, auf langjähriger Erfahrung beruhenden Augaben.

In den ersten Kapiteln, welche die photographische Optik, die Objektive, Apparate, Dunkelkammer u. dergl. besprechen, konnte natürlich nichts wesentlich Neues gebracht werden, Verfasser mufste sich vielmehr hier möglichst kurz fassen, um wenigstens die hauptsächlichsten Begriffe und Instrumente berücksichtigen zu können. Es scheint dies gut gelungen. Ein Irrthum auf Seite 8, wo bei der zweiten Methode der Brennweiten-Bestimmung zweimal das Produkt aus Objekt- und Bildgröfse anstatt der Summe im Nenner der Formel steht, wird leicht bemerkt werden.

Der Hauptwert des Buches liegt entschieden im zweiten Teile, welcher die chemischen Prozesse behandelt. Hier findet der Leser nicht nur zahlreiche praktische Winke, sondern auch eine grofse Menge photographischer Rezepte, meist begleitet von Mitteilungen der hierbei gemachten eigenen Erfahrungen. Auch das letzte Kapitel, das eine kurze Beschreibung der wichtigeren Chemikalien, deren Eigenschaften und deren Verwendung in der Photographie enthält, wird manchem recht willkommen sein.

Auf den zwei ersten dem Buche beigegebenen Tafeln ist ein richtig, ein zu kurz und ein zu lang exponiertes Negativ und das dazu gehörige Positiv dargestellt; die dritte Tafel soll die Ueberlegenheit der Reproduktion eines farbigen Blattes mittelst Erythrosinsilberplatten zeigen. Die 194 Textfiguren veranschaulichen meist instrumentelle Einzelheiten. Sg.

Verlag von Hermann Paetel in Berlin. — Druck von Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Nord. Süd.

Der Gipfel der Altels von der Spitalmatt aus mit dem Abrissgebiet der Gletscherlawine.

Nach einer Aufnahme des Verfassers.

Himmel und Erde.

Der Gletscherabbruch an der Altels im Berner Oberland vom 11. September 1895.

Von Prof. Dr. **Eduard Brückner** in Bern.

Am 11. September dieses Jahres um 5 Uhr morgens ereignete sich im Berner Oberland am vielbegangenen Wege, der von Kandersteg über die Gemmi ins Rhonethal führt, eine gewaltige Katastrophe: Ein Teil eines grofsen Schneefeldes stürzte von der Altels ab und begrub eine fruchtbare Alp mit ihren Insassen. Die Erscheinungen, die dabei zu Tage traten, sind so interessant und in mannigfacher Beziehung typisch, dafs ich nicht zögere, hier auf Grund der Beobachtungen, die ich gerade eine Woche nach dem Ereignis[1]) an Ort und Stelle anstellte, ein Bild von der Katastrophe, ihren Ursachen und den sie begleitenden Umständen zu entwerfen.[2])

* * *

Das Kanderthal ist in seinem unterhalb der Stufe von Kandersteg gelegenen Teil ein regelrechtes Querthal: es schneidet quer[3]) die Schichten des Gebirges. Weiterhin aber, bis zur sogenannten Klus, verläuft es ebenso wie das bei Kandersteg zu ihm stofsende Öschinenthal nahezu im Streichen der Schichten selbst und ist daher geologisch als Längsthal charakterisiert. Das gilt in noch viel höherem Grade von seiner Fortsetzung nach Süden zur Gemmi hin, die vom Schwarzbach

[1]) Ich befand mich zur Zeit der Katastrophe in Deutschland.

[2]) Inzwischen ist von C. Schröter, der am 13. September zusammen mit A. Heim die Unglücksstelle besuchte, ein Bericht in der Neuen Züricher Zeitung am 4., 5. und 6. Oktober erschienen, den ich noch bei der Korrektur der vorliegenden Abhandlung benutzen konnte.

[3]) Genauer diagonal

durchflossen wird. Dieser Charakter als Längsthal läfst sich auf das deutlichste am östlichen Thalgehänge erkennen, dessen Schichten in gleicher Richtung wie das Gehänge streichen und zum Thal hin fallen. Das Fallen geschieht bei Kandersteg mit wechselndem Winkel, da die Schichtflächen wellenförmig gebogen sind, weiterhin gegen die Gemmi zu dagegen mehr einheitlich; die Schichtflächen bilden hier unter etwa 30° vom Thal aus aufsteigende Ebenen. Das Thalgehänge selbst ist an vielen Orten steiler als die Schichten, die infolge dessen an ihm ausstreichen. Unter solchen Umständen ist ein Ausrutschen der oberen Schichten auf den unteren, und ein Absturz einer Schichtfläche entlang verhältnismäfsig leicht möglich.

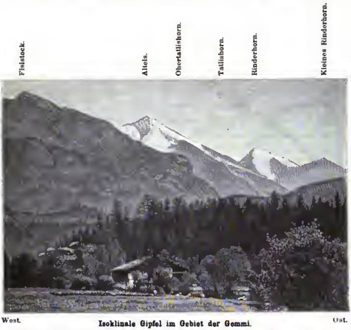
In der That ist das Öschinenthal, das Kanderthal zwischen Kandersteg und der Klus, und das Schwarzbachthal vielfach von solchen Katastrophen heimgesucht worden. Der gröfste dieser Bergstürze ereignete sich in vorhistorischer Zeit bei Kandersteg selbst, wo die östliche Fortsetzung des Fisistocks auf der heute noch sichtbaren Schichtfläche herabfuhr; eine prachtvolle Nische, die schönste grofse Bergsturznische, die ich je gesehen habe, ist hier leicht als Abrifsstelle zu erkennen. Die Trümmer dieses Bergsturzes setzen die Haufen und Wälle im Kanderthal zwischen Kandersteg und Ackern zusammen, die bisher irrtümlich für Moränen gehalten worden sind. Ich schätze die abgestürzte Masse auf rund 8—900 Millionen Kubikmeter; sie schüttete eine 10 km lange und durchschnittlich 0,8 km breite Thalstrecke hoch auf.

Ein zweiter Abbruch findet sich im Öschinenthal. Schalenförmig löste sich hier entlang einer Schichtfläche einst das Gestein ab; die abstürzenden Trümmer legten sich quer über das Thal hin und dämmten in seinem oberen Teil den wunderbar schönen Öschinensee auf.

Solche Ablösungen sind auch im Schwarzbachthal vielfach erfolgt. Die Hügel auf der bei der letzten Katastrophe verschütteten Spitalmatt bestehen aus Schutt, der sich vor langer Zeit als Bergsturz, wieder entlang einer Schichtfläche, vom Sockel der Altels ablöste; die Nische ist deutlich zu sehen. In historischer Zeit soll ein Bergsturz vom kleinen Rinderhorn aus erfolgt sein, dessen Trümmer noch heute zwischen der Spitalmatt und Schwarenbach zu Tage liegen.

Infolge derartiger Abbrüche besteht das östliche Gehänge des Schwarzbachthales zu einem guten Teil aus schimmernden Schichtflächen. Die Gipfel haben dadurch eine charakteristische, merkwürdig gleichförmige Gestalt erhalten; jeder von ihnen kann einer dreiseitigen Pyramide verglichen werden, deren nach Westen schauende Seite im

wesentlichen einer Schichtfläche entspricht und sich verhältnismäfsig sanft (unter ca. 30⁰) gegen das Schwarzbachthal hin senkt, während die beiden anderen Seiten jäh zur Tiefe abfallen. So ist das Tatlishorn (2505 m) und das Obertatlishorn (2966 m), so das Rinderhorn (3457 m) und das kleine Rinderhorn (3007 m), so das Balmhorn



Isoklinale Gipfel im Gebiet der Gemmi.
Die Hügel im Vordergrund sind aus Trümmern des alten Bergsturzes von Kandersteg zusammengesetzt.
Nach einer Photographie des Verfassers von Mittelholz aus.

(3711 m) und vor allem so auch die Altels (3636 m) gestaltet. (Vgl. obenstehende Abbildung.)

Die nach Norden, Osten und Süden schauenden Abstürze dieser Bergpyramiden sind zu steil, als dafs sich auf ihnen Schnee in gröfseren Massen zu halten vermöchte; er stürzt ab und häuft sich erst am Fufse an. Anders ist es auf der gegen das Schwarzbachthal absinkenden, von Schichtflächen gebildeten Seite. Hier sammelt sich Schnee in Menge an. Auf den niedrigeren Gipfeln schmilzt er im Sommer fort; auf den Gipfeln aber, die über die Schneegrenze empor-

ragen, haben sich kleinere und grössere Felder ewigen Schnees als Gipfelgletscher gebildet, die in ihrer blendend weifsen Pracht jeden Besucher des Kanderthales entzücken (vgl. vorst. Abldg.). Das Gletschereis liegt hier konkordant auf den Gesteinsschichten auf, und der Gletscherboden wird von einer Schichtfläche gebildet. Ein solches Schneefeld trägt das Rinderhorn, ein solches auch die Altels auf ihren unter 32° geneigten Schichtflächen.

Die Umrisse des Schneefeldes der Altels läfst das Titelblatt deutlich erkennen, sobald man sich das ausgebrochene Stück ergänzt denkt. Es ist ungleichmäfsig ausgebildet. Seine nördliche Hälfte (im Bilde links) endigt verhältnismäfsig hoch oben. Durch Ausbrechen von Schichtplatten aus dem Körper des Berges sind hier gleich unterhalb des Schneefeldes steilere Abstürze entstanden (im Bilde durch die ausgehenden Schichten gekennzeichnet). Über diese schrägen Wände fallen regelmäfsig vom Schneefeld Gletscher- und Schneelawinen herab, deren Material sich am Absatz unten sammelt und hier schmilzt. Der südliche Teil des Schneefeldes bewegt sich dagegen auf eine stehengebliebene Gesteinsschuppe zu, die als Widerlager dient. Da hier die Schneemasse nicht durch Abstürze geschwächt wird, so dehnt sich das Schneefeld viel weiter abwärts aus und es kommt zur Entwicklung einer Gletscherzunge, die sich auf das Widerlager auflehnt, wie das Titelblatt deutlich erkennen läfst.

Aus dem durch kein Widerlager gestützten Teil des Schneefeldes und übergreifend in das Gebiet oberhalb der Gletscherzunge brach am Morgen des 11. September um 5 Uhr — die Angaben differieren zwischen ein Viertel vor und ein Viertel nach 5 Uhr — ein gewaltiges Stück los und stürzte ab, während die Gletscherzunge erhalten blieb; sie wurde nur an der Nordseite ihrer ganzen Länge nach von den über sie dahinstürzenden Massen gescheuert. Das Titelblatt zeigt deutlich die entstandene Lücke. Schon von Frutigen, auf eine Entfernung von 17½ km, ist die Abrifsstelle zu sehen; ja bei sehr klarem Wetter vermochte ich sie sogar am 6. Oktober von dem 140 km entfernten Blauen im südlichen Schwarzwald mit blofsem Auge zu erkennen. Der obere Rand des Ausrisses hat die Form eines Kreisbogens. Seine Lage entspricht genau der Richtung des Randspaltensystems, das in jedem in Bewegung befindlichen Gletscher aufreifst. Der Abrifs geht, genau wie alle Randspalten der Gletscher, am rechten und am linken Ende der ausgebrochenen Stelle unter etwa 45° schief aufwärts in den Gletscherkörper hinein. Beide Äste krümmen sich gegen die Mitte zu und vereinigen sich schliefslich in einer auf der Bewegungs-

richtung senkrechten Linie. Der Abrifsbogen steht also überall senkrecht auf der durch die Gletscherbewegung bedingten Richtung des gröfsten Zuges. Die untere Grenze des ausgebrochenen Stückes, also die frühere untere Grenze des Schneefeldes, scheint gleichfalls leicht auswärts nach unten hin gekrümmt gewesen zu sein. Der untere Rand liegt in 2950 bis 3000 m Höhe, die Mitte des oberen Randes in 3300 m. Die Entfernung vom unteren Rand bis zur Mitte des Abbruchbogens beträgt, auf der Karte gemessen, 500 m. Die Breite des Abbruches wurde von mir mit Hilfe einer allerdings nur rohen Winkelmessung zu 420 m gefunden. Darnach berechnete ich die Grundfläche des abgebrochenen Stückes zu rund 150000 qm. Die Höhe der Eiswand, wo sie am höchsten war, fand ich von der Spitalmatt aus ebenfalls mit Hilfe einer Winkelmessung zu 34 m. Die mittlere Höhe der Wand darf zu 25 m angenommen werden, da das Eisfeld sich nach unten zu nur sehr allmählich und erst kurz vor seinem unteren Rand rascher ausdünnt (vgl. Titelblatt). Auf Grund dieser Daten erhielt ich für die gesamte Menge des abgebrochenen Eises rund 4 Millionen cbm. Das Gewicht der Masse dürfte gleichfalls 4 Millionen Tonnen betragen haben. Für ihre Fortbewegung wären 400000 Eisenbahnwagen nötig gewesen.

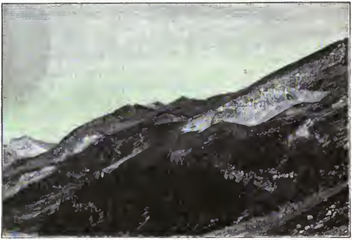
Das Getöse beim Absturz dieser gigantischen Gletscherlawine[4]) mufs gewaltig gewesen sein; es ist in weitem Umkreis gehört worden, besonders laut in dem nur 2 km von der Unglücksstätte entfernten Hotel Schwarenbach, wo auch eine Erschütterung wahrgenommen wurde[5]), ferner im Gasternthal, dann aber auch von einzelnen Personen — die Bevölkerung lag noch in tiefem Schlaf — in dem 6 bis 7 km entfernten Kandersteg; es wird hier wie das ferne Donnern einer gewaltigen Lawine geschildert.

Die Sturzbahn, die, soweit sie überhaupt zugänglich ist, der drohenden Nachstürze von Eis und Gestein wegen, nicht betreten, sondern nur aus der Entfernung beobachtet werden konnte, ist förmlich ausgefegt. Das nachfolgende Bild stellt sie von der Seite gesehen dar, die Zeichnung giebt ein Längsprofil derselben. Zwei Buckel, die sich in ihrer Mitte finden, sind gerundet; ich möchte

[4]) Das ist die richtige Bezeichnung des Phänomens, das freilich eine für eine Lawine schier unerhörte Gröfse hatte. Zwischen Lawine und Bergsturz besteht einzig der Unterschied, dafs jene aus Eis oder Schnee, dieser aber aus Trümmern festen Gesteins gebildet wird. Alle übrigen Eigenschaften sind bei beiden gleich. Beide haben ein Abrifsgebiet, von wo sie abstürzen, beide eine Sturzbahn, beide endlich ein Ablagerungsgebiet, wo die Trümmer liegen bleiben.

[5]) Nach C. Schröter a. a. O. Nach Schröter sah eine Kellnerin, als sie beim Getöse aufschaute, die stürzende Masse noch in Bewegung, von aufwirbelndem weifsem Staub begleitet.

sie mit den Formen vergleichen, die ein unregelmäfsig ausgegefahrener Eisberg darbietet. Wie hier oberhalb eines jeden Hindernisses die Schlitten der Knaben eine Vertiefung eingeschliffen und dabei das Hindernis gerundet haben, so auch bei der Sturzbahn die Gletscherlawine.[6]) Gesteinsschutt wurde, wo er lag, mitgerissen, so dafs die Bahn in ihren steileren Partien heute fast nur nackte Felsplatten und Felswände aufweist. Nur auf der Terrasse, wo die Bahn weniger steil ist, liegen heute Schutt- und Eismassen, die offenbar von den Nachzüglern des grofsen Sturzes stammen.

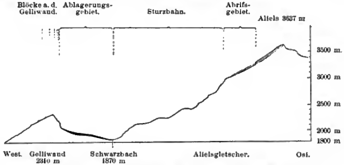


West. **Die Sturzbahn von der Seite gesehen.** Ost.
Nach einer Photographie des Verfassers von der Höhe bei Schwarenbach aus.

Die stürzenden Trümmer blieben einigermafsen vereint, so dafs die Rutschbahn nicht viel mehr als 500 m Breite aufweist. Das gilt bis zum untersten Teil der Bahn, wo es unterhalb der geneigten Terrasse der „Tatelen“ über steilere Wände herabgeht. Hier verringert sich auf einmal die Deutlichkeit der Bahn. Der Rasen ist nicht, wie man erwarten sollte, von den Bändern, die die Wände unterbrechen, fortgeschürft, sondern hat sich erhalten (vgl. Titelblatt). Das zeigt, dafs der Sturz die Wände nicht berührt hat, sondern im Bogen durch die Luft über sie herausgeschossen ist.

[6]) Allerdings läfst sich nicht bestimmen, wie weit schon früher kleine Lawinen vorgearbeitet haben.

Man gestatte uns hier einige theoretische Betrachtungen über die Geschwindigkeit einzuschalten, die die stürzenden Trümmer auf ihrer Bahn abwärts erlangten. Die Geschwindigkeit war so grofs, dafs einzelne Blöcke, wie wir unten sehen werden, auf der anderen Seite wieder volle 400 m hoch empor und über die Gelliwand ins Nachbarthal flogen. Aus dieser Steighöhe findet man bei Vernachlässigung jeglicher Reibung, dafs die Blöcke nach dem Aufprallen auf die Thalsohle eine aufsteigende Geschwindigkeit von 90 m gehabt haben müssen. Mit Berücksichtigung der Reibung erhält man natürlich eine erheblich gröfsere Anfangsgeschwindigkeit. Berechnet man andererseits die Geschwindigkeit, mit



Längsprofil durch Abrifsgebiet, Sturzbahn und Ablagerungsgebiet der Gletscherlawine vom 11. September 1895.
Längen und Höhen im richtigen Verhältnis.

Gletschereis
Schuttüberzug im Ablagerungsgebiet, 8 fach überhöht.

der die stürzenden Massen auf der Thalsohle anlangten, unter der Annahme, die Bewegung abwärts sei auf der 2 8 km langen, unter 600 ‰ geneigten Sturzbahn ohne jede Reibung erfolgt, so erhält man als Endgeschwindigkeit 157 m in der Sekunde. Zwischen diesen beiden Werten mufs die thatsächliche Geschwindigkeit liegen. Wir dürfen sie auf etwa 120 m in der Sekunde veranschlagen. Die Zeit, die vom Moment der Ablösung oben am Gletscher bis zum Erreichen der Spitalmatt verstrich, betrug auf die gleiche Weise berechnet mehr als 35 und weniger als 62 Sekunden, also rund etwas weniger als eine Minute. Das ist eine sehr kurze Zeit, die uns das Recht giebt anzunehmen, dafs der Sturz über die schlafenden Bewohner der Alp kam, wie eine Fliegenklappe über eine Fliege.

Die Bewegung der Masse müssen wir uns, wie bei allen Bergstürzen und Lawinen, als ein Fliefsen nach Art des Fliefsens des Sandes denken, wobei die einzelnen Elemente, die sich gegeneinander

verschoben, Eisblöcke waren. Die oben berechnete Geschwindigkeit dürfte für die am schnellsten an der Oberfläche sich bewegenden Teile gelten.

Wenden wir uns jetzt den Erscheinungen zu, die der Thalboden zeigt. Sie sind zweierlei Art: erstens finden wir auf dem Thalboden die abgestürzten Massen selbst abgelagert, zweitens sehen wir, soweit der Boden nicht verschüttet ist, die Wirkungen des Sturmwindes, der unter dem Andringen der stürzenden Massen entstand und ihnen vorauseilte.

Einen traurigen Anblick gewährt das Ablagerungsgebiet des gewaltigen Gletscherabsturzes. Wir sehen eine Wüstenei vor uns, nichts als Trümmer, ein Gemenge von Eis, Schnee und mitgerissenem Schutt. Eis und Schnee dominieren bei weitem; jeder ganz frische Anschnitt, wie deren bei meiner Anwesenheit täglich mehrere bei der Bahnung des Gemmiweges gemacht wurden, zeigte das deutlich. Der Oberfläche sah man es allerdings nicht mehr an, denn sie war bei meinem Besuch ganz schwarz von Staub und Steinen, weil bereits eine merkliche Schicht Schnee und Eis weggeschmolzen war, und die darin enthaltenen Verunreinigungen sich auf der Oberfläche der Trümmermasse angesammelt hatten. Wenige Stunden nach dem Sturze war dagegen, wie Augenzeugen mir berichteten, alles rein weiss von Eis und Schnee. Die Blöcke von prachtvollem Gletschereis sind meist nicht allzu grofs; die ursprünglich grofsen Blöcke haben sich offenbar beim Sturz zerteilt, und sind zum Teil zerrieben worden. Ausserdem finden sich Ballen und Blöcke, die alle Übergänge vom Gletschereis bis zum Firnschnee zeigen. Der mitgerissene Schutt, schwärzlicher und grauer Kalk, ist teils eckiger, regelrechter Gebirgsschutt, wie ihn die mechanische Verwitterung liefert, teils aber gerundetes und gekritztes Material — Moräne. Massenhaft ist Staub, pulverisiertes Gestein, vorhanden, der aber erst beim Schmelzen des Schnees deutlich zu Tage tritt. Das gesamte Schuttmaterial, Eis und Gestein, ist fest gepackt und zusammengekeilt.

Interessant ist der Erhaltungszustand, in dem die Überreste von Tieren und Pflanzen im Schutt gefunden wurden: Sie sind förmlich zermahlen. Die Pflanzen, z. B. Legföhren, sind in kleine Stücke zerrissen, diese geschält, zerquetscht und in diesem Zustand unter den Schutt gemengt. Nicht anders ist es mit den Überresten der verunglückten Rinder. Ich habe kleine Teile von Rindern inmitten des Schutts gesehen, ein Stück Magen mit den Zotten, andere Teile von Eingeweiden, einen Huf mit Fufsansatz, einen Teil einer Schnauze, Stücke

Fleisch mit Haut; und das alles bestäubt, zerfetzt, kaum kenntlich und sichtbar inmitten des Schutts. Nur am Rande des Ablagerungsgebietes, wo mehr der Windschlag und die umherfliegenden Steine als die zermalmenden Blöcke in Thätigkeit traten, sind ganze Kadaver gefunden worden, aber auch sie z. T. zerrissen, ohne Beine oder ohne Kopf, mit aufgeschliztem Leib und zerfetzter Haut.[1]) In ähnlichem Zustand gleichfalls am Rande der Schuttablagerung befanden sich die Leichen der



Das Ablagerungsgebiet der Gletscherlawine.
Links die Gelliwand, rechts das Ende der Sturzbahn; in der Mitte vorn die Schuttablagerung, mit Schneeblöcken besäet; rechts der Schwarzbach.
Nach einer Aufnahme des Verfassers von der Höhe bei Schwarenbach aus.

in den Alphütten verunglückten Männer; z. T. lagen sie frei da; nur einer war mit einer dünnen Schuttschicht bedeckt.

Schutt, Eis und Gestein der Gletscherlawine haben sich quer über das Thal des Schwarzbaches gelegt (vgl. die beiden Abbildungen). Das Ablagerungsgebiet hat ungefähr die Form eines grofsen Fächers. Eine Ablenkung des Schuttstromes in die Längerichtung des Thales, also senkrecht zur Richtung des Sturzes, wie sie so häufig vorkommt und bei sehr grofsen Bergstürzen die Regel ist, hat hier nur in ganz untergeordneter Weise stattgefunden; es haben die mit Tannenwald bestandenen alten Bergschutthügel westlich der Alphütten eine Ausbreitung

[1]) Schröter sah auch einige fast unverletzte Kadaver; sie waren bei meinem Besuch bereits fortgeschafft.

des Schuttes bis zum Fuſs der Gelliwand im Süden gehindert und eine Ausstülpung des Schuttgebietes nach SW. hin verursacht. Entsprechende Hügel weiter nach Norden zu freilich, die genau in der Richtung des Sturzes sich befanden, sind ohne Einfluſs geblieben; der Schutt ist auf sie hinauf geworfen worden und bis zur Gelliwand vorgedrungen; ja noch mehr, er ist an der Gelliwand gebrandet und an ihr in die Höhe gespritzt. Die ganze Gelliwand soll an dieser Stelle am Tage nach dem Sturz weiſs von Eis und Schnee gewesen sein; Eisblöcke sind nach Berichten aus dem Nachbarthal sogar über die hier 2300 m hohe, sich 400 m über die Spitalmatt erhebende Wand hinüber geflogen (vgl. vorstehendes Bild). Als ich eine Woche nach dem Ereignis die Stelle besuchte, klebten noch Eismassen in ca. 2150 m Höhe an der Wand; von Zeit zu Zeit löste sich ein Stück ab und donnerte zur Tiefe. Die Wand und die sich an sie anlehnenden Schutthalden waren bis zu jener Höhe hinauf noch nass. Dieses gewaltige Emporbranden des Schuttes an der Gelliwand legt ein beredtes Zeugnis davon ab, mit welcher Geschwindigkeit und Wucht der Bergsturz herabbrauste.

Das Andrängen an die der Abbruchstelle gegenüber liegende Wand äuſsert sich auch in der ganzen Verteilung des Schuttes. Gerade am Fuſs der Altels, von der die Massen herabstürzten, findet sich eine Depression; hier liegt die tiefste Stelle des ganzen Ablagerungsgebietes (ca. 1850 m). Die gröſsten Höhen erreicht der Schutt dagegen am Fuſs der Gelliwand mit 2000 m, wenn wir die Blöcke an der Wand nehmen, sogar mit 2150 m. Hier bildet er unregelmäſsige Haufen und zum Teil flache Wälle. Bei dieser Verteilung von hoch und niedrig spielt allerdings der Untergrund eine Hauptrolle, jene früher erwähnten alten Bergschutthügel auf der westlichen Thalseite. Allein auch der Schutt selbst, der wie eine Decke von wechselnder Mächtigkeit alles überzieht, zeigt die gleiche Anordnung. Er ist sichtlich am mächtigsten auf jenen Hügeln. Ich konnte hier an einigen Stellen, wo er teilweise abgerutscht war, eine Mächtigkeit von 10 bis 12 m feststellen.[8] Am Bach, der die erwähnte Depression durchflieſst, ist die Mächtigkeit weit geringer. Ebenso dünnt sich die Schuttdecke nach den Seiten hin aus. Besonders tritt das in der durch die Arvenhügel nach S.W. abgelenkten Schuttmasse hervor, wo die Mächtigkeit weniger als 1 m beträgt. Die Hauptmasse des Sturzes liegt durchaus in der Richtung der Sturzbahn am Fuſs der Gelliwand.

[8]) Schröter beobachtete an einer Stelle sogar 40 m.

Die Ursache diessr Erscheinung ist in der grofssn Geschwindigkeit zu suchen, mit der die Massen in der Thalsohle anlangten. Dank derselben schossen sie über den Thalboden hin und am gegenüberliegenden Gehänge empor. Die vergröfserte Reibung am flachen Boden und die Bewegung aufwärts brachten sie hier schliefslich zum Stehen. Dabei keilten sie sich fest zusammen.

Ein solches Andrängen an das gegenüberliegende Thalgehänge findet sich häufig, wenn nicht regelmäfsig, bei Bergstürzen, die mehr oder minder quer zu einem Thal erfolgen; so zeigt der alte Bergsturz von Kandersteg die Erscheinung trefflich. Der Boden von Kandersteg bildet die Depression, jenseits deren die Trümmer volle 180 m höher emporgehen. Ebenso ist es beim alten Bergsturz an der Altels; beim Bergsturz von Elm hat es Heim am Duniberg beobachtet u. s. w.

Suchen wir die gesamte Schuttmenge zu schätzen, die die Spitalmatt bedeckt. Das Areal des Ablagerungsgebietes dürfte annähernd 800000 bis 1000000 qm betragen. Die mittlere Mächtigkeit des Schuttüberzuges taxiere ich mit dem Oberwegmeister Rieohen in Kandersteg, unter dessen Leitung der Gemmiweg durch den Schutt gebahnt wurde, zu 5 m. Danach erhalten wir als Volumen der ganzen Masse 4 bis 5 Millionen Kubikmeter, was mit unserm oben für das Volumen des ausgebrochenen Gletscherkörpers berechneten Wert von 4 Millionen gut stimmt.

Der Schutt liegt heute nicht mehr genau so wie im ersten Moment nach dem Sturz. Zunächst sind — und zwar wahrscheinlich sofort nach dem Sturz — Umlagerungen durch Rutschungen erfolgt. Vor allem stürzte das an der Gelliwand emporgeschleuderte Material wieder herab und bildete am Fufs der Wand einen Wall. Aber auch der an die Gehänge der alten Hügel geworfene Schutt hat sich auf die Dauer nicht halten können, er hat sich von den auf der Höhe der Hügel liegenden Massen losgerissen und ist abwärts gerutscht. Dadurch ist an mehreren Stellen der alte, zerschundene Untergrund wieder zu Tage getreten. Die gröfste dieser Rutschungen beginnt am Gehänge des Hügels, der auf der Karte die Höhenzahl 1967 m trägt. Hier ist eine treffliche Abrifsnische zu sehen. Der abrutschende Schutt bewegte sich entlang einer kleinen Furche im Gelände 500 m weit in der Richtung nach Osten, betrat bald vom Bergsturz verschonten Boden und erreichte den Weg und den Bach. Seine Bewegung war jedenfalls verhältnismäfsig langsam; denn unmittelbar an seinem Rande finden sich Bäume, die durch den Winddruck des Hauptsturzes in die Richtung senkrecht zur Bewegungsrichtung der Rutschung geworfen

sind; wie die Bäume liegen auch die geknickten Äste und die Halme des Rasens. Aus dieser Lage mufs man schliefsen, dafs die Rutschung die Luft nicht mit Gewalt vor sich herjagte, wie das bei grofser Geschwindigkeit unausbleiblich gewesen wäre. Auch liegen ihre Eismassen verhältnismäfsig locker, nicht so fest gepackt wie beim Hauptsturz. Aus diesen Gründen darf man diesen Schuttstrom nicht als einen abgelenkten Teil des Hauptsturzes betrachten. Er ist ein Phänomen für sich und von sekundärer Bedeutung. Immerhin müssen wir seine Entstehung in die ersten Stunden nach dem Hauptsturz setzen; denn er war schon vorhanden, als die ersten Hilfsmannschaften von Kandersteg aus die Unglücksstätte erreichten. Mit zahlreichen Wülsten und Spalten, die, vergleichbar den Gletscherspalten, für die einstige fliefsende Bewegung des Schuttstromes zeugen und in dieser Form dem nicht nachträglich ins Gleiten gekommenen Schutt fehlten, lag er zur Zeit meines Besuches da. Besonders seine äufserste Zunge schmiegte sich wunderbar genau den Geländeformen an; nur wenige Meter reichte sie am gegenüberliegenden Gehänge des Fufses der Altels hinauf. Zwischen dieser Zunge und dem primären Schuttgebiet hat sich ein schuttfreies Stück erhalten, das der Weg quert und dessen Existenz im ersten Augenblick sonderbar genug erscheint, durch den nachträglichen, in seiner Richtung nur von der Bodenkonfiguration bedingten Schuttstrom aber ohne weiteres erklärt wird.

In der Woche, die vom Ereignis bis zu meinem Besuch verstrichen war, hatte die Abschmelzung bereits energisch an der Schuttdecke gearbeitet, so dafs sie, wie schon erwähnt, oberflächlich ganz schwarz von dem vielen ausgeschmolzenen Schutt und Staub war. Kleine Gletschertische waren entstanden, wo gröfsere Steine das Eis vor Abschmelzung schützten; doch waren die Säulen nicht über 20 cm hoch. Merkwürdigerweise hatten aber auch grofse, blendend weifse Schneeballen, die zahlreich auf der Schuttoberfläche umherlagen, Veranlassung zur Bildung kleinerer Gletschertische gegeben. Aufserdem hatte sich die ganze Masse gesetzt; dabei waren zahlreiche kleine Spalten entstanden. Der Wegmeister Riechen schätzt den gesamten Verlust an Mächtigkeit durch Abschmelzung und Setzen in der ersten Woche auf etwa 1 ½ m.

Wenden wir uns nun dem Gebiet zu, das nicht mehr von der geschlossenen Masse der Trümmer erreicht und unter ihnen begraben, dafür aber in anderer Weise in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Zunächst fällt auf, dafs sich dieses Gebiet nicht scharf abgrenzen läfst; es besteht eine Übergangszone, wo die Trümmer nicht mehr ge-

schlossen, sondern in einzelnen ganz flachen Haufen und endlich nur in einzelnen Blöcken liegen — offenbar Massen, die sich von der Hauptmasse trennten und weiter über den Boden dahinschossen als diese. Diese Übergangszone ist besonders schön am südlichen Rand des fächerförmigen Ablagerungsgebietes zu erkennen; sie erreicht weiterhin die Gelliwand, schlingt sich auf dieser empor und senkt sich gegen Norden wieder auf den Thalboden herab.

Gegen den äufseren Rand der Übergangszone tritt der Schutt immer mehr zurück. Schliefslich ist alles nur mit einer Kruste von ausgetrocknetem Schlamm bedeckt, die eine Dicke bis zu einem Centimeter besitzt und immer dünner wird, je mehr man sich vom Schuttgebiet entfernt. Diese Schlammkruste war nicht vom ersten Moment an da. An ihrer Stelle traf man gleich nach dem Sturz einen Überzug von schmutzigem Schnee, nach dessen Schmelzen die Schlammkruste als Rückstand nachblieb. Schnee und Schlamm lehren uns, dafs gewaltige Schnee- und Staubwolken, das Produkt der Zerreibung von Eis und Gestein, die abstürzenden Massen begleiteten und die ganze Umgebung einpuderten. Begleitet wurde dieser Schneesturm von einem Hagel von kleinen Steinen und Eisstücken, der der Vegetation manche Wunde schlug.

Noch eine andere Erscheinung zeigt sich uns aufserhalb des eigentlichen Ablagerungsgebietes in der Übergangszone und in deren Nachbarschaft in ihrer ganzen Grofsartigkeit — die Wirkung des vor den stürzenden Massen einherjagenden Windes, der Windschlag. Der alte Arvenwald auf den nördlichsten der bewaldeten kleinen Hügel, auf der Spitalmatt, ist durch den Windschlag vollkommen zerstört worden. Die Bäume sind alle in der Windrichtung geworfen worden (vgl. die nachstehende Abbildung); sie liegen parallel zu einander in der Richtung nach WSW, weiter gegen Süden zu mehr nach SW. Die grofse Mehrzahl ist entwurzelt, darunter Bäume mit einem Durchmesser bis zu $1/2$ m; nur wo ein Baum im Schutz eines Felsblockes oder eines Hügels stand, ist der ungeschützte Teil einfach abgeknickt. Ganz wenige Bäume nur, die vollkommen im Windschutz der Hügel waren, sind hier stehen geblieben. Ein grofser Teil der Bäume ist auf der vom Wind getroffenen Seite durch den Hagel vollkommen geschält; anderen sind einzelne grofse Stücke der Rinde, offenbar durch dahinfliegende Steine und Eisstücke, abgerissen worden; sie sehen wund und gefleckt aus.

Auch nördlich des Schuttgebietes, am Stierenbergli, sind Kiefern vom Wind geworfen worden; sie liegen hier nach Norden und NNW



Süd — Der vom Wind geworfene Arvenwald, gegen die Gelliwand gesehen. — Nord

Nach einer Aufnahme des Verfassers.

hin. Aus der verschiedenen Richtung, in der die Bäume links und rechts vom Sturz liegen, erkennt man, wie der vor den stürzenden Massen das Gehänge der Altels herabjagende Luftstrom schon in einiger Entfernung von der entgegenstehenden Gelliwand geteilt und abgelenkt wurde.

Eine andere Wirkung des Windes und der umherfliegenden Steine zeigt der Rasen. Er ist an vielen Orten aufgewühlt, besonders an Abhängen, wo er vom Vieh zertreten war; an solchen Stellen ist alles mit feinverteiltem Humus bestreut. An andern Orten ist der Rasen vom Winddruck gleichsam festgestampft; Halm liegt an Halm geprefst, und dabei jeder in der Richtung des Windes niedergedrückt.

Die Gröfse der Windwirkung zeigt auch die Alphütte. Sie ist samt ihren Insassen — vier Männern — von der Windsbraut 2—300 m weit fortgetragen und an der Wand eines auf der Höhe mit Wald bewachsenen Hügels zerschellt worden.[9]) Hier fand man auch zahlreiche Balken der Hütte, die wie Zündhölzchen geknickt waren, und die verstümmelten Leichen jener vier Männer.[10])

Eine Frage harrt noch der Beantwortung: Welche Ursachen haben den Sturz ausgelöst? Es ist wohl sicher, dafs den letzten Anstofs die heifsen August- und Septembertage gegeben haben, die der Katastrophe unmittelbar vorausgingen. Die starke Abschmelzung erweiterte die Klüfte und minderte so die Kohäsion des Gletscherkörpers; andererseits unterwuschen die abströmenden Schmelzwasser den Gletscher und verringerten die Adhäsion an dem Gletscherboden. In der Nacht vom 10. auf den 11. September setzte dann plötzlich ein Wetterumschlag ein. So kam es zum Sturz. Die tiefere Ursache aber liegt in der Konfiguration des Gehänges der Altels, wie wir oben sahen, die stets eine Disposition zu Abstürzen schafft.

Dafs man für die nächsten Jahre eine Erneuerung der Katastrophe zu befürchten hätte, glaube ich nicht. Gletscherlawinen von gewöhnlicher Gröfse werden zwar sicher mehrfach abgehen, aber wohl höchstens den Fufs der Wand am Schwarzbach erreichen. Grofse Nachstürze sind heute nicht wahrscheinlich, obwohl oberhalb des Abrisses noch Spalten sichtbar sind. Allein die Abschmelzung und Unterschmelzung ist in dieser Höhe unbedeutender, die Adhäsion an den Gletscherboden daher grösser als tiefer unten. Erst wenn die Natur

[9]) Es wird sogar berichtet, dafs Objekte, so auch Vieh, an die Wand geschleudert, dort abgeprallt und weit zurückgeworfen worden seien.

[10]) Aufser diesen kamen noch zwei Hirtenknaben ums Leben, deren Leichen noch nicht gefunden sind, dazu etwa 120 bis 130 Stück Vieh.

die von ihr geschaffene Lücke im Gletscher wieder ausgefüllt haben wird, droht neue Gefahr. Dazu bedarf es aber gewifs Jahrzehnte; sind doch seit der letzten derartigen Katastrophe, von der eine etwas verschwommene Tradition in der Bevölkerung von Kandersteg berichtet, über 100 Jahre verflossen.[11])

Dafs die Ergänzung des Gletschers vor sich gehen wird, kann einem Zweifel nicht unterliegen; es wird sich die Wunde am Gipfel der Altels wieder schliefsen. Auch die Spitalmatt wird nach Jahrzehnten ihr altes Aussehen erhalten. Nach 1 bis 2 Jahren schon wird alles Eis geschmolzen und nur eine höchstens 2 m, im Mittel aber kaum $^1/_2$ m mächtige Schuttschicht zurückgeblieben sein, auf der sich allmählich wieder Vegetation ansiedeln wird. So wird das grofse Ereignis ziemlich wirkungslos in seiner Bedeutung für die Gestaltung der Formen der Erdoberfläche vorübergehen, so gewaltig auch die bewegten Massen waren. Als seine einzige Spur wird dann vielleicht in der Bevölkerung die Sage von einer verschütteten, einst blühenden Alp, einer Blümlisalp — fortleben, von der man nicht weifs, wo sie lag.

[11]) Genauer 113 Jahre; denn C. Schröter fand im Kirchenbuch zu Leuk diese Katastrophe unter dem 17. August 1782 verzeichnet. Durch den damaligen Eissturz fanden vier Personen auf der Spitalmatt den Tod.

Anm. d. Red. Die Aktualität des vorstehenden Brücknerschen Aufsatzes veranlafste die Redaktion zur Einschiebung desselben an Stelle der Fortsetzung des Artikels von B. Friedländer „Der Vulkan Kilauea auf Hawaii"; diese erfolgt im nächsten (3.) Hefte.

Die Redaktion.

Aus der Geschichte der Weltseele.

Von Kurd Lafswitz.

(Fortsetzung.)

II. Von der Weltseele zum Weltäther.

Das Grundproblem aller Naturerklärung ist gleichbedeutend mit der so einfach klingenden Frage: Worin besteht die Wechselwirkung der Dinge? Die Realität des mathematischen Gesetzes, die den Gedankengang Platos beherrschte, giebt uns nur einen Teil der gesuchten Aufklärung über die Realität der Dinge. Die majestätische Ordnung des Gesetzes steht zu unvermittelt über dem bunten Inhalt der sinnlichen Erfahrung. Es mufs noch eine andere Realität geben, als die mathematische Form, einen Inhalt in den Dingen, der im Raum sich stöfst und treibt, den wir als Empfindung in Ton und Farbe, als Druck und Wärme erleben. Wie kann sich die Wissenschaft dieses Inhalts bemächtigen? Die Geschichte der Erkenntnis geht auch hier von der naiven Anschauung kindlicher Erfahrung aus.

Dafs wir unseren Körper bewegen und diese Bewegung auf andere Körper übertragen, ist eine Wahrnehmung, durch welche wir überhaupt in unser Ichbewufstsein hineinwachsen. Wir suchen daher zunächst keine Erklärung dafür, sondern nehmen im Gegenteil diese Thatsache als Ausgangspunkt aller Erklärung. Aber auch für die Übertragung und den Ursprung der Bewegung pflegt es für den Menschen, der über seine Umgebung nachzudenken beginnt, eines schönen Tages irgend ein Weckmittel der Erkenntnis zu geben, das ihn plötzlich vor die Frage stellt: Wie ist das möglich? Irgend ein künstlicher Mechanismus, gewöhnlich eine Uhr, vielleicht eine Dampfmaschine oder Ähnliches, bringt dann eine plötzliche Erleuchtung: Es giebt ganz bestimmte mechanische Gesetze, die in den Gegenständen die Bewegung beherrschen, und deren Wirkung wir zugleich in der Empfindung sinnlich spüren.

In einem Uhrwerk freilich können wir noch die Wechselwirkung

der bewegten Teile sozusagen mit den Händen greifen. Das Geheimnisvolle, in welchem die Tiefe des Problems der Wechselwirkung unserem Geiste aufgeht, tritt erst dann auf, wenn eine ungewohnte Wirkung durch unsichtbare und untastbare Mittel von uns wahrgenommen wird. Bei jedem, dem physikalische Experimente oder ähnliche technische Verrichtungen nicht vertraut sind, erweckt es stets ein bewunderndes und immer zu neuen Versuchen anspornendes Staunen, zu beobachten, wie die Magnetnadel sich von selbst wieder nach Norden einstellt, oder wie sie durch die Annäherung eines Magnetpols von der einen Seite abgestofsen, nach der anderen angezogen wird. Man kann dann mit Sicherheit auf die Frage rechnen: Wie kommt das? Aber wie kommt es, dafs wir an der Erde haften und der geworfene Stein wieder herabfällt? Und warum fällt der Mond nicht auf die Erde, die Erde nicht auf die Sonne? Der Gelehrte wird uns zwar sagen, sie fallen thatsächlich, blofs immer ein bischen vorbei; Newton hat uns ja gelehrt, dafs Stein, Mond und Erde nach demselben Gesetze fallen. Aber dieses Gesetz? Das ist es eben! Wie machen es die Körper, dafs sie wissen, was das Gesetz von ihnen verlangt? Warum müssen sie? Und wie macht es das Gesetz, dafs ihm die Körper gehorchen? Was verbindet die Magnetnadel und den Nordpol, die Erde und die Sonne?

Wie machen wir es denn selbst, wenn wir uns bewegen? Wenn wir ganz ehrlich sind und uns genau beobachten, so wissen wir es allerdings selber nicht. Es kitzelt uns jemand, und wir lachen oder stofsen ihn fort; es winkt uns jemand, und wir laufen auf ihn zu; wir hören und erheben die Stimme zur Antwort. Wir wissen nicht, wie es geschieht, aber wir machen es eben. Wenn wir aber tot sind, so kann uns ganz dasselbe geschehen, Kitzeln, Winken, Rufen — wir rühren uns nicht. Also, das scheint klar, wir bewegen uns, weil wir lebendig sind. Wodurch aber sind wir lebendig?

Darauf ist nun die uralte Antwort die: Wir leben, weil wir eine Seele haben. Das wäre ja auch ganz schön, wenn man genau wüfste, was eine Seele ist. Es giebt zwar viele kluge Leute, die behaupten, es ganz genau zu wissen, sogar, dafs sie unsterblich sei; nur sind die Ansichten darüber leider aufserordentlich mannigfaltig. Vielleicht könnte man mit nicht minder gutem Rechte sagen: Wir haben eine Seele, weil wir leben.

Früher habe ich behauptet, man könnte ebensogut annehmen: „Wir haben Vorstellungen, weil es Objekte giebt," als: „Es giebt Objekte, weil wir Vorstellungen davon haben." Dieselbe Frage tritt hier

wieder auf, nur eingeschränkt auf das Objekt, was wir den Lebensprozefs des menschlichen Körpers, speziell des Nervensystems, nennen. Leben wir als organische Wesen, weil wir eine Seele haben, oder haben wir eine Seele, weil wir als organische Wesen leben? Beides zu bejahen ist richtig und doch nicht genau. Das organische Leben und das Beseeltsein ist wieder nur der Ausdruck für dieselbe Thatsache, von zwei verschiedenen Gesichtspunkten gesehen. Leben und Seele verhalten sich nicht wie Ursache und Wirkung oder wie Grund und Folge. Vielmehr, betrachten wir uns als Körper, deren Teile und Organe durch das Nervensystem mit den übrigen Körpern in gesetzlicher Wechselwirkung stehen, so dürfen wir sagen, weil wir solche Körper sind, sind wir beseelt; und betrachten wir uns als Seelen, die als eine Einheit sich ihrer Zustände bewufst sind, so dürfen wir sagen, weil wir Seelen sind, so leben wir. Thatsächlich können wir nicht eins durch das andere erklären. Aber es scheint so, da beide Thatsachen aneinander haften, dafs wir das Eine erklärt hätten, wenn wir das Andere zu erklären vermöchten. Wüfsten wir genau, wie alle Wechselwirkungen zwischen der Welt und unseren Organen und dem Gehirn vor sich gingen, so wäre uns — vielleicht — geholfen. Nun wissen wir das aber nicht. Dagegen scheint es dem naiven Bewufstsein ganz selbstverständlich, dafs wir wissen, was in uns selber als beseelten Wesen vor sich geht. Und das ist ja auch gewifs, dafs wir uns als lebendige Wesen in Wechselwirkung mit unserer Umgebung fühlen. Daher ist denn in der Geschichte des Denkens der Versuch, die Wechselwirkung der Körper zu begreifen, nicht von der mechanischen Bewegung, sondern von der Seele ausgegangen. So lange wir eine Seele haben, leben wir und bewegen uns; also wird auch das ganze Universum, da es sich bewegt, leben und eine Seele haben.

Heute erscheint uns dieser Schlufs sehr fraglich. Durch die Entwickelung der Naturwissenschaft haben wir eben die Wechselwirkung der Körper als eine besondere Realität kennen gelernt, die auf dem Gesetze notwendigen Geschehens gegründet ist, während die Erscheinungen des Bewufstseins vom Gefühl der Freiheit begleitet sind. Deswegen sträuben wir uns gegen die Annahme der Weltbeseelung, welche die Natur gesetzlos zu machen droht; zum mindesten ist sie für das Naturerkennen überflüssig. Aber im Beginn der Naturerkenntnis, als Plato den Begriff der Weltseele für die Wechselwirkung der Körper in Anspruch nahm, lag die Sache nicht so. Damals war der Begriff Bewegung und Bewufstsein, Körperlich und Seelisch noch

keineswegs in strenger Weise geschieden. Alles Geistige wurde zugleich körperlich gedacht, und so konnte auch die Veränderung des Körperlichen aus seelischen Vorgängen erklärt werden.

Es ist eine volkstümliche Ansicht, welche die wissenschaftliche Betrachtung der griechischen Philosophen schon vorfand und in ihre Weltauffassung mit aufnahm, dafs die Seele, insofern sie Leben wie Bewufstsein bedingt, ein Stoff sei, der Ausdehnung im Raume besitzt. Das Wort für Seele — Psyche — Anima — bedeutet den Atem, den Lebenshauch. Er ist das Zeichen des Lebens: wir atmen die Seele aus. Mit dem Atem beginnt und verschwindet das Leben. Und der Atem ist warm; hören wir auf zu atmen und zu leben, so werden wir kalt und starr. Darum gilt die Seele zugleich als Lebenswärme. So wird denn auch die Weltseele als ein feiner Stoff gedacht, der das Universum erfüllt, die Wärme desselben bedingt und das Ganze in Bewegung erhält. Diesen Gedanken hat Heraklit, genannt der dunkle Philosoph, bereits ein Jahrhundert, bevor Plato wirkte, zur Grundlage seiner Welterklärung gemacht. Durch Verschmelzung mit der platonischen Lehre von der mathematischen Wirkungsweise der Weltseele ist daraus eine Vorstellung entstanden, die noch heute der modernen Naturwissenschaft unentbehrlich ist, nämlich nichts geringeres als der Begriff vom Weltäther.

Wie Plato durch die ewige Geltung des mathematischen Gesetzes der Naturwissenschaft ihr Fundament gab, so lieferte Heraklit ihr eine Anschauung, die ihr den Zusammenhang mit dem bunten Wechsel der sinnlichen Erscheinung zu erhalten vermochte. Denn wenn die platonische Idee die Realität für sich allein in Anspruch nahm, so mufste die sinnliche Empfindung schliefslich als trügerischer Schein betrachtet werden, und dadurch verlor sich das Interesse für die Natur. Heraklit dagegen lehrte umgekehrt, dafs gerade der unablässige Wechsel, dafs die Veränderung selbst das eigentliche Wesen der Dinge sei; die Dinge vergehen, die Veränderung bleibt. Nach Plato ist auch die Veränderung Schein, es bleibt nur das Gesetz. Heute sagen wir: Das Gesetz der Veränderung ist es, wodurch die Natur bestimmt wird. Die Realität eines Zustandes sehen wir darin begründet, dafs mit ihm zugleich der auf ihn folgende Zustand notwendig, d. h. durch ein Gesetz, bedingt ist. Wir nennen das Kausalität. Beleuchten wir einen bewegten Körper, etwa einen fallenden Tropfen, durch einen momentanen Lichtblitz, so scheint er zu ruhen; ob er ruht oder wirklich fällt, wird bestimmt durch die Folgen, die an diesen Zustand geknüpft sind, d. h. sein Zustand ist der der-

Ruhe oder der Bewegung, je nachdem sich seine Lage zu benachbarten Körpern im nächsten Zeitteil verändert; diese Veränderung ist entscheidend über die Natur eines gegebenen Zustandes. Der moderne Gedanke der Naturerklärung ist also, die Natur zu beschreiben als den gesetzlichen Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Zustände. Der Wert, welchen Heraklit auf die Veränderung als das Wesen der Dinge legte, konnte daher wesentlich dazu beitragen, auf den Punkt hinzuweisen, an welchem die Naturwissenschaft den Hebel der Erkenntnis anzusetzen habe, den Plato im mathematischen Gesetz entdeckt hatte. Wenn es möglich wurde, das Gesetz der Veränderung mathematisch zu formulieren, so war damit der Eingang in die Naturwissenschaft gewonnen. Dieses Mittel bietet seit Leibniz die Differenzialrechnung.

Doch was hat dies mit der Weltseele und dem Weltäther zu thun? Eben dies, dafs das Suchen nach dem Gesetz der Wechselwirkung der Dinge im Universum darin bestand, die Vorstellungen von der Weltseele und dem Weltäther auszubilden, bald, indem man sie phantastisch in eins zusammenzog, bald, indem man die mechanische Wirkung im Äther von der zweckmäfsigen der Seele zu trennen suchte.

„Die Welt hat weder der Götter noch der Menschen einer gemacht, sondern sie war immer und ist und wird sein, ein ewig lebendes Feuer," so lehrte Heraklit, und er wollte damit sagen, der Bestand der Welt beruht darauf, dafs sie in fortwährendem Vergehen und Neu-Entstehen begriffen ist. Es giebt nichts Beharrendes, sondern „alles wird umgetauscht gegen Feuer, und Feuer gegen alles, wie Waren gegen Gold, und Gold gegen Waren." Denn „Feuer" — damit meint er aber nicht blos die Flamme, sondern die Wärme überhaupt — ist der Stoff, der alles umwandelt und aus dem alles wieder hervorgeht. Die Harmonie der Welt hat ihren Grund in der gegenseitigen Spannung der Gegensätze, wodurch eben alles, was ist, nur die Bedeutung eines Durchgangspunktes besitzt, während der in dieser Spannung bedingte Umtausch der Zustände in einander das wahrhaft Reale ist. Das Feuer, man könnte sagen der Äther, wie man vor hundert Jahren der „Wärmestoff" sagte, ist dabei der Träger dieser Umwandlungen. Wer denkt dabei nicht an die Energie und ihre Formen, die das Äquivalent der umzutauschenden Werte mifst, und deren gegenseitige Spannung den Eintritt des Geschehens bestimmt? Es ist in der That derselbe Gedanke, der bei Heraklit vorliegt, und was ihm zur modernen Auffassung fehlt, ist nur die Kenntnis des mathematischen Gesetzes, die

quantitative Äquivalenzbeziehung, und damit freilich das, was die Wissenschaft von der Dichtung unterscheidet.

Wäre dieser Gedanke Heraklits von den Schülern Platos so mit dessen Lehre verbunden worden, dafs man die Auffindung des mathematischen Gesetzes der Veränderung als Ziel der Naturerklärung angestrebt hätte, so wäre vielleicht die Entwickelung der Naturwissenschaft in geraderer Linie verlaufen. Aber der grofse Nachfolger des Plato, Aristoteles, schlug eine andere Richtung ein, er machte den Zweck zum Prinzip der Naturerklärung. Und Aristoteles, im Mittelalter der anerkannte Philosoph der Kirche, beherrschte die Wissenschaft der ganzen abendländischen Welt. Wir finden daher die Spuren von Heraklit und Plato nur in einer Reihe nebenhergehender Weltanschauungen, welche erst dann von mafsgebendem Einflufs wurden, als die neuen Entdeckungen der empirischen Forschungen das aristotelische Weltsystem sprengten.

In dieser Hinsicht war die Lehre der Stoiker ganz besonders wirksam. Sie nahm den heraklitischen Gedanken auf und übermittelte ihn der Neuzeit in der Form, dafs alle Veränderung eine stoffliche Grundlage besitze. Auch die Atomistik des Altertums, die namentlich durch Epikur neue Verbreitung fand, hätte den gleichen, für die Naturwissenschaft kaum entbehrlichen materialistischen Zug unterstützen können. Aber zwei Umstände machten sie für diese Vermittlerrolle weniger geeignet als die stoische Weltansicht. In physikalischer Hinsicht stand nämlich die Atomistik dem herrschenden System des Aristoteles, welcher die Teilbarkeit der Materie ins Unendliche lehrte, viel schroffer gegenüber, als die Lehre der Stoiker, die als Gegner der Atomistik in diesem Punkte wenigstens mit Aristoteles übereinstimmten. Galt doch die aus der stoischen Schule hervorgegangene Schrift „Über den Kosmos“ durchweg als eine echte Schrift des Aristoteles. Dazu kam zweitens, dafs Epikur seiner Moral wegen als ein höchst verwerflicher Philosoph galt, während die strenge Tugendlehre der Stoiker bei der christlichen Welt gröfseres Vertrauen zu erwecken imstande war.

Die Stoiker sind in der Physik konsequente Materialisten. Für sie giebt es nichts anderes, das wirklich ist, als das Körperliche; denn wirklich sei nur das, was wirkt oder leidet, und das kann ihrer Ansicht nach nur der Körper. Daher ist sowohl die Seele als selbst die Gottheit ein Körper, und auch alle Eigenschaften der Körper haben eine materielle Grundlage; sie gelten als körperliche Ausströmungen der Dinge. Das Zusammenwirken dieser Eigenschaften, welches sie sich als eine gegenseitige Durchdringung der Körper mit ihren Aus-

strömungen vorstellen, denken sie sich nun vermittelt durch einen die ganze Welt durchsetzenden Lebenshauch, das „Pneuma". Es ist dies eine warme, luftartige Substanz, ein feuriger Dunst, daraus alle Dinge hervorgegangen sind, und in das sie sich einst in einem ungeheuren Weltbrande wieder auflösen werden, um diesen Prozefs bis ins Unendliche zu wiederholen. Dieser Weltäther also ist die Urkraft; aber da durch sie die gesamte Welteinrichtung zweckmäfsig geordnet ist, so mufs sie auch zugleich die Weltseele, die Gottheit selbst sein. Als Vernunft nnd als Verhängnis enthält so der Weltäther das gemeinsame Gesetz für alles Geschehen. Durch Verdichtung nnd Verdünnung erzeugt er die Elemente und giebt den Dingen die Spannung, den „Tonos", die innere Intensität ihres Wesens, Leben und Beseelung.

Als im sogenannten Neuplatonismus, vornehmlich durch Plotinus im dritten Jahrhundert nach Christus, die Lehren Platos neues Leben gewannen, wurde nun auch die Theorie der Weltseele weiter ausgebildet. Bei Plotin beruht das ganze Dasein der Körperwelt überhaupt auf der Weltseele, welche allein den Körpern die Teilnahme an der Idee, d. h. an der unendlichen Weltvernunft, und damit an der Existenz und dem Leben verleihen kann. Nicht die Seele tritt in den Körper ein, sondern sie erfüllt das Universum als ein Ganzes, ohne Quantität, ohne Masse, und sie läfst den Körper in sich eintreten. Ihre Selbstbewegung ist die Zeit, und indem der Körper in die Weltseele eintritt, erhält er erst Existenz in der Zeit, er entsteht als sinnlich wahrnehmbares Wesen; sie giebt ihm das Gesetz (Logos) seines Seins in der Erfahrungswelt. Die sinnliche Erscheinungswelt hat also ihren gesetzlichen Zusammenhang in der Wechselwirkung, die als Weltseele das Leben des Universums bedingt.

Will man diese Verbindung und Wechselwirkung der Körper im Interesse der Naturerkenntnis verwerten, so liegt es nahe, nach einer Veranschaulichung zu suchen, und dadurch wird man sich wieder der stofflichen Auffassung der Weltseele als Weltäther nähern. Diese Veranschaulichung findet sich schon in der neuplatonischen Schule selbst. Plato hatte ja bereits gelehrt, dafs die Weltseele zwischen den Ideen und den sinnlichen Dingen, entsprechend dem geometrischen Gesetz, vermittle. Dieses Gesetz ist der Raum. Bei den Stoikern erfüllt die Weltseele den Raum. Nun wird der Raum mit der Weltseele selbst für identisch erklärt. Bei Proklus, im fünften Jahrhundert nach Christus, wird der Raum als ein körperliches und beseeltes Wesen betrachtet, das aus dem feinsten Lichte besteht. Das Licht zeigt ein Beispiel der gegenseitigen Durchdringlichkeit von Körpern; so scheint

es begreiflich, wie die Weltseele die Körper in sich aufnehmen kann; als lichterfüllter Raum enthält sie die Materie; als lebendige Seele bewegt sie dieselbe; als Gesetz der Wechselwirkung gestaltet sie die Materie zur Ordnung der sinnlichen Dinge. In jedem Zustand ist bereits durch das Wesen der Weltseele der folgende Zustand angelegt, die Tendenz zur Veränderung ist das Wirkliche, was den Dingen als Weltseele innewohnt. Wer nur wüfste, wie diese Tendenz im einzelnen Falle beschaffen ist! Was mufs hier an dieser Stelle geschehen, in diesem Samenkorn, damit es aufgeht, in diesem Fieberkranken, damit er gesundet, in dieser Schmelzmasse, damit sie sich in lauteres Geld verwandelt?

Wer das wüfste, der wäre der Herr der Natur, der grofse Magus, der die Dinge verwandeln könnte, nicht als ein Zauberer, sondern als ein Wissender ihrer Gesetze. Jeder Zustand ist eine reale und gesetzliche Bedingung der folgenden Zustände; alle Körper stehen durch die räumlich-seelische Kraft des Weltäthers in Wechselwirkung; dieser allgemeine Gedanke ist als Bedingung einer Naturwissenschaft und Naturbeherrschung vom Altertum der Neuzeit überliefert. Aber die Vorstellung ist zu unbestimmt; daher bleibt sie phantastisch. Die Wissenschaft verlangt die Kenntnis des einzelnen, isolierten Vorgangs, die Kenntnis des quantitativen Gesetzes zur Berechnung dessen, was wirklich eintreten mufs.

Wir überspringen das Jahrtausend, dessen geistiges Leben fast durchaus vom kirchlichen Interesse erfüllt ist. Das sechzehnte Jahrhundert ist angebrochen, die grofsen Umwälzungen der Kulturgeschichte haben begonnen. Die Gedanken sind in ihrer Verbreitung nicht mehr beschränkt auf die handschriftliche Vervielfältigung; die Erde ist umsegelt, ihre Kugel steht nicht mehr im Mittelpunkte der Welt, und es giebt Länder, in welchen der Bannstrahl des Papsttums die neue Auffassung der Dinge nicht mehr erreicht. Die Wissenschaft kann aus ihrem Schlummer erwachen. Aber eine Naturerkenntnis giebt es noch nicht. Die Wechselwirkung der Körper ist noch nicht mathematisch gefesselt, die Weltseele feiert zunächst ihre Auferstehung als Spiritus mundi.

Im ganzen sechzehnten Jahrhundert stellt man sich die Körperwelt als belebt vor, und diese Weltseele ist zugleich körperlicher Natur, ein Weltgeist, Spiritus, und ein Element, das den andern übergeordnet ist. Die Auffassung stimmte insoweit mit Aristoteles, als auch er eine allgemeine Lebenswärme, einen Weltäther, als fünftes Element zugelassen hatte. Diese „quinta essentia", die Quintessenz der Alchy-

misten, hat jetzt durch die Verschmelzung mit den stoischen und neuplatonischen Vorstellungen die Bedeutung des Prinzips aller Wechselwirkung gewonnen. Wer sie herzustellen vermag, der beherrscht die Umwandlung der Dinge; sie ist der eigentliche Stein der Weisen. Agrippa von Nettesheim († 1535) erzählt, er habe den Spiritus mundi selbst aus Gold gezogen, aber nicht mehr Gold daraus machen können, als das Gewicht des Goldes betrug, aus welchem die Quintessenz extrahiert wurde. Denn als ausgedehnte Gröfse kann dieselbe nicht über ihr eigenes Mafs hinaus wirksam sein.

Dieser Versuch ist indessen bereits kennzeichnend für den jetzt erfolgenden Übergang von der Weltseele zu quantitativen Gesetzen. Agrippa mifst die Menge des aufgelösten und des aus der Lösung wieder niedergeschlagenen Goldes, und er bemerkt die Äquivalenz; die Weltseele ist hier eine extensive, mit der Wage bestimmbare Gröfse. Mag auch immer noch das physische Geschehen als Thätigkeit eines in den Elementen wirksamen Lebensgeistes aufgefafst werden, dieser Lebensgeist hat doch die Vertrauen erweckende Eigenschaft, Gewicht und Ausdehnung zu besitzen. Er ist nicht mehr der phantastische Kobold, der nur der dunkeln Beschwörungsformel gehorcht, sondern es ist Hoffnung, dafs ein durchsichtiges Gesetz seine Umwandlung bestimmt. Siegreich drängt sich dem Bewufstsein der Zeit die klare Überzeugung auf: Wohl mag die Natur ein Reich der Geister sein, aber diese Geister sind nichts anderes als die Gesetze, nach denen die Körper aufeinander wirken; es giebt keine Willkür im Naturgeschehen; die Natur ist erkennbar.

Es war das grofse Verdienst des berühmten Arztes Theophrastus von Hohenheim, genannt Paracelsus, dafs er die Auffassung der Natur als einen gesetzlichen Umwandlungsprozefs zur Geltung brachte. Zwar beruht auch nach ihm die Wirksamkeit der Elemente auf den in ihnen befindlichen „Archei“ oder Lebensgeistern. In jedem Elemente steckt ein „Fabricator“, ein Arbeiter, der für uns durch den Befehl Gottes sorgt Tag und Nacht. Aber dieser „Archeus“ soll die Gesetzmäfsigkeit der Welt nicht aufheben, sondern gerade begründen. Die Archei sind nach Ansicht des Paracelsus nicht persönliche Geister, sondern Naturkräfte, die schaffenden Prinzipien oder wirkenden Kräfte in Dingen; sie wirken nur als stoffliche Elemente. Das Sein der Dinge ist ihr Wirken. Das Leben des Wassers ist seine Flüssigkeit, das des Feuers seine Flüchtigkeit, die wesentlichen Eigenschaften der Dinge sind das, was ihr Leben ausmacht. So wird bei Paracelsus das Leben zum chemischen Prozefs, und damit bereitet

er den Übergang zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis durch Mafs und Zahl vor. An Stelle der Elemente des Aristoteles, welche durch die sinnlichen Eigenschaften „Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Trockenheit“ definiert waren und sich somit jeder exakten Bestimmung entzogen, setzt er die unzerlegbaren Grundsubstanzen, auf welche die chemische Analyse führt. Diese kann die experimentelle Untersuchung mit Hilfe der Wage ermitteln; und so zeigt sich doch wenigstens ein Punkt, wo die Erfahrung durch eigenes Zusehen und Probieren sich der Natur zu bemächtigen vermag.

Immer aber waren diese Prozesse noch zu kompliziert, als dafs die damaligen Mittel der Erkenntnis einen tiefer greifenden Erfolg hätten erzielen können. Es mufsten einfachere Probleme gefunden werden, um aus der Mannigfaltigkeit der sinnlichen Erfahrung Ereignisse herauszulösen, die eine mathematische Darstellung gestatteten. Dies waren die Aufgaben, welche Astronomie und Mechanik darboten; Kepler und Galilei brachten die Lösung.

Kepler bietet in seinem eigenen Entwickelungsgange ein höchst interessantes Beispiel, wie sich im Anfang des siebzehnten Jahrhunderts der Umschwung von der Seelentheorie zur mechanischen Auffassung gestaltet. Wir können in Keplers Werken litterarisch die Umwandlung der Weltseele in die mechanisch vermittelte Wechselwirkung anziehender Kräfte deutlich verfolgen. Es handelt sich um die Bewegung der Planeten.

In der ersten Ausgabe seines Werkes „Mysterium Cosmographicum“ (1596) nimmt Kepler noch an, dafs die Planeten durch Seelen bewegt werden, die entweder in ihnen selbst oder in der Sonne ihren Sitz haben. Da sich die entfernteren Planeten langsamer bewegen, so meint er, dafs entweder die bewegenden Seelen der Planeten um so schwächer sein müssen, je weiter sie von der Sonne entfernt sind, oder dafs es eine bewegende Seele der Sonne geben müsse, welche die näheren Planeten kräftiger anregt. Auch in den „Paralipomena ad Vitellionem“ (1604) schreibt er der Sonne noch eine Seele zu. In der Schrift über den Planeten Mars dagegen, die unter dem Titel „Astronomia nova“ 1609 erschien und die beiden ersten der berühmten nach ihm genannten Gesetze enthält, bestreitet er ausdrücklich, dafs es bewegende Seelen der Planeten gäbe. Er fafst seine Gesetze als physische auf, die Bewegung als beruhend auf einer körperlich vermittelten Anziehung, als eine reine Wechselwirkung. Schon in einem Briefe an Fabricius im Jahre 1605 hatte er die irdische Schwere, welche den geworfenen Stein herabfallen läfst, als eine Kraft betrachtet,

die wie der Magnet Ähnliches zusammenzieht; nun überträgt er dieselbe Vorstellung auch auf kosmische Verhältnisse. Die Anziehung ist eine gegenseitige zwischen allen Körpern. Wenn zwei Steine sich irgendwo ohne äufsere Beeinflussung befänden, würden sie sich ähnlich wie zwei magnetische Körper einander nähern. Dies gelte ebenso von den Planeten und der Erde in Bezug auf die zu ihnen gehörigen Körper als auch in Bezug auf den Mond, und wechselseitig von diesem auf die Erde, deren Wasser er erhebt; ja es gelte auch für die Sonne in Bezug auf die Erde.

Die Ursache der langsameren Bewegung der Planeten sucht Kepler jetzt in ihrer Trägheit, und in der zweiten Ausgabe des „Mysterium Cosmographicum" macht er endlich folgenden höchst belehrenden Zusatz:

„Wenn man für das Wort „Seele" das Wort „Kraft" einsetzt, so hat man das eigentliche Prinzip, auf welchem die Physik des Himmels in der Abhandlung über den Mars begründet und im 4. Buche der Epitome Astronomiae ausgebaut ist. Ehemals glaubte ich, dafs die bewegende Ursache der Planeten durchaus eine Seele sei, da ich nämlich vollgesogen war von den Lehren J. C. Scaligers über die bewegenden Intelligenzen. Aber als ich erwog, dafs diese bewegende Ursache mit der Entfernung sich abschwäche, dafs auch das Licht der Sonne mit der Entfernung von derselben sich verringere, so schlofs ich daraus, dafs diese Kraft etwas Körperliches sei, wenn nicht im eigentlichen, so doch wenigstens im übertragenen Sinne."

Was könnte bezeichnender sein für die Vertreibung der Weltseele durch das Gesetz der Mechanik als dieses Selbstbekenntnis Keplers? Die Berücksichtigung der quantitativen Verhältnisse fordert eine Erklärung der Naturerscheinungen, die sich aus den thatsächlichen Messungen bestätigen läfst; eine solche kann die Seelentheorie nicht gewähren. Die Astronomie will von nun ab nach Prinzipien der Mechanik behandelt sein. Und diese bot ihr Galilei dar. In derselben Zeit, in welcher Kepler sich für die mechanische Erklärung der Planetenbewegung entschied, entdeckte Galilei die Grundgesetze der Bewegung.

In Galilei ist die Auffassung überwunden, dafs die Wechselwirkung der Körper in einer Bethätigung der Weltseele bestehe. Die Bewegung gilt ihm als ein Vorgang, dessen Realität eine Gesetzlichkeit besonderer Art darstellt, die sich mathematisch ausdrücken läfst. Wenn ein Körper in Bewegung ist, so geschieht dies nicht, weil ein Lebensgeist in ihm steckt und die Bewegung erhält, verzögert oder

beschleunigt, sondern die Bewegung ist selbst eine intensive Gröfse, sie ist bestimmbar als Wirkungsfähigkeit des bewegten Körpers. Wie diese Erhaltung, Veränderung und Zusammensetzung der Bewegungen mefsbar sind, das lehrte Galilei; damit schuf er die neue Wissenschaft, die Mechanik, und damit vertrieb er die Seelenkräfte aus der Materie, indem er eben die neue Realität der Wirkungsfähigkeit der Materie als das Prinzip der Wechselwirkung einführte, woraus der Begriff der Energie sich entwickelt hat. Galileis Weltanschauung ist daher durchaus mechanisch. Die Dinge und ihre Eigenschaften beruhen ganz allein auf der Verteilung der Materie im Raume und ihrer Bewegung, d. h. auf der Wechselwirkung der bewegten Materie mit unserm eigenen Körper. Hiermit ist der Übergang von der organisch-beseelten Körperwelt zur mechanischen Naturauffassung vollzogen. Die Natur hat ihre eigenen Gesetze, und wir erkennen sie.

Diese Grundlage der modernen mathematischen Naturwissenschaft gewinnt ihren vollständigen Sieg im weiteren Verlaufe des siebzehnten Jahrhunderts. Bewegung ist der Inhalt der Wirklichkeit. Aber wir sehen Wirkungen auftreten auch dort, wo sinnlich keine Bewegung wahrnehmbar ist, durch den scheinbar leeren Raum hindurch und zwischen den unsichtbaren Teilchen der Körper. Die Weltseele hat ihre bewegende Kraft eingebüfst, die Bewegung jedoch bedarf eines Trägers, der zwischen den Körpern ihre Mitteilung ermöglicht. Somit wird die Weltseele zum Weltäther. Sie verliert ihre psychische Qualität, behält aber die physische Eigenschaft der Ausdehnung und Raumerfüllung. Noch immer stellt sie den feinsten aller Stoffe dar, der aus den kleinsten, mit der gröfsten Geschwindigkeit sich bewegenden Teilchen besteht. Aber sie ist nur noch Stoff, der von Anfang an, von der Weltschöpfung her mit bestimmten Bewegungen begabt ist und diese nun nicht mehr nach Mafsgabe von Lebensgeistern, sondern lediglich nach mechanischen Gesetzen im Raume von Körper zu Körper überträgt.

Auch dieser Begriff des Weltäthers hatte seine Quelle in der griechischen Philosophie und zwar in der Atomistik Demokrits, die, wie schon erwähnt, durch Epikur aufgenommen worden war. Die antike Atomistik bietet eine durchaus mechanische Welterklärung dar. Es giebt nichts als die im leeren Raume nach Gesetzen der Bewegung durch einander wirbelnden und von einander abprallenden Atome. Alles Werden und Vergehen besteht in dem Zusammenflufs und der Trennung dieser Teilchen; die Wechselwirkung zwischen den Dingen ist also durchaus stofflich, sie besteht in den gegenseitigen Aus- und Einströmungen der Atome.

Die mechanische Weltauffassung der Atomistik hatte jedoch gegenüber dem System des Aristoteles nicht aufkommen können. Auch diejenigen, welche die anschauliche atomistische Vorstellung der Materie wohl als vorteilhaft erkannten, konnten sie doch nicht anders zur Naturerklärung verwerten, als indem sie die Wechselwirkung der Atome sich durch eine geistige Kraft, eine Weltseele vermittelt dachten. Denn wie sollten sonst die Atome sich durch den leeren Raum hindurch beeinflussen? Diese Schwierigkeit trug mit zu der früher erwähnten Vorstellung bei, sich den Raum als Weltseele zu denken. Sobald nun aber die Weltseele durch das mechanische Gesetz verdrängt wurde, sobald die Bewegung der Körper als eine selbständige Form des Seins sich auffassen liefs, konnte die atomistische Struktur der Materie wieder zur Naturerklärung benutzt werden. Und die grofsen Vorteile dieser Theorie zeigten sich dann sofort. Die Atomistik wurde unter dem Namen der Korpuskulartheorie die herrschende Erklärungsform der Natur im siebzehnten Jahrhundert. Und sie ist es bekanntlich im grofsen und ganzen bis heute geblieben. Im siebzehnten Jahrhundert waren es die Philosophen Descartes, Gassendi und Hobbes und die Physiker Boyle, Guericke und Borelli nebst vielen anderen, welche der Atomistik zum Siege verhalfen. Ihre wissenschaftliche Vollendung jedoch erhielt sie durch Christiaan Huygens, gestorben am 8. Juli 1695*); er begründete die Gesetze der Atombewegung auf Prinzipien der Mechanik, indem er als Grundgesetze aller Wechselwirkung in der Bewegung der Atome die Erhaltung der Summe der Bewegungsgröfse und die Erhaltung der Summe der Energie aufstellte. Damit beseitigte er die Einwände, welche gegen die Atomistik auf Grund der Eigenschaften der Atome gemacht zu werden pflegen, weil man sich diese weder starr noch elastisch denken könne. Denn im ersteren Falle könnten sie beim Stofse nicht ihre Bewegung zurückerhalten, im letzteren Falle müfsten sie aus verschiebbaren Teilchen bestehen. Aber darauf kommt es gar nicht an. Ob die Atome starre Körperchen sind, ob sie sich stofsen oder nicht, das sind Fragen der Veranschaulichung, die die mathematische Konstruktion der Erscheinungen nichts angehen. Wissenschaftlich kommt es nur darauf an, dafs die thatsächlichen Bewegungen im mathematischen Gesetze beschrieben sind, d. h. dafs man aus der gegebenen Lage und Bewegung der Teilchen die Lage und Bewegung

*) Dies ist das richtige Datum des Todestages, nicht der 8. Juni. Der weit verbreitete Irrtum stammt aus einem Druckfehler in der „Vita Hugenii" von s'Gravesande.

im nächsten Zeitabschnitt berechnen kann. Einen solchen gesetzlichen Ausdruck hat Huygens für die kinetische Theorie der Materie geliefert, wie Newton in seinen berühmten Fernkräften sie für die dynamische schuf.

Alle diese atomistischen Theorien der Materie bedurften nun eines Weltäthers zur Vermittlung der Bewegungen, insbesondere zur Erklärung der Schwere und der kosmischen Bewegungen. Da giebt es zahllose Hypothesen, bald höchst scharfsinnig, bald wunderlich, bald konsequent, bald ganz phantastisch. Wer sich dafür interessieren sollte, findet dieselben ausführlich dargestellt in der „Geschichte der Atomistik", welche Schreiber dieses 1890 herausgegeben hat. Hier will ich nur von Huygens erwähnen, dafs er zur Erklärung der wesentlichsten Naturerscheinungen mehrere Arten von feinen Materien oder Äthern aufstellte, von denen sich bis jetzt nur die eine ihren siegreichen Platz in der Wissenschaft für die Dauer errungen hat und als der Weltäther schlechthin bezeichnet wird; es ist das Huygens' Lichtäther.

Neben andern unsterblichen Verdiensten um die theoretische wie technische Mechanik — allgemein bekannt ist die Erfindung der Pendeluhr — knüpft sich an den Namen Huygens vor allem die Wellentheorie des Lichts. Indem er annahm, dafs der Lichtäther mit seinen Atomen überall zwischen den Poren der wägbaren Körper und im Raum überhaupt sich befände, zeigte er, wie durch Erregung und Fortpflanzung von Schwingungen sich die wesentlichsten bekannten Eigenschaften des Lichts, Reflexion, Brechung, Doppelbrechung erklären liefsen. Mit einigen Modifikationen ist diese Hypothese bekanntlich noch immer die Grundlage der mechanischen Theorie des Lichts. Während in der Theorie des Lichts die Nachwelt den Gedanken Huygens' gegenüber Newtons Emissionstheorie Recht gegeben hat, war er weniger glücklich, obwohl nicht weniger scharfsinnig, in zwei andern Hypothesen, die dazu dienen sollten einerseits die Gravitation, andererseits die Kohäsion zu begreifen. Beide Erscheinungen erklärte er ebenfalls durch Stofs oder Druck der Ätheratome. Anfänglich nahm er als Ursache für die Schwere, welche die Körper zur Erde fallen läfst, ein besonderes Gravitationsfluidum an, dessen Teilchen in allen möglichen Richtungen die Erde umkreisen und die Körper gegen das Zentrum drücken. Nachdem Newton die Identität der irdischen Schwere mit der Kraft, welche die Himmelskörper in ihren Bahnen bewegt, nachgewiesen hatte, dehnte Huygens seinen Gravitationsäther durch das ganze Sonnensystem aus, wobei er jedoch zur Erklä-

rung der Abnahme der Gravitation mit dem Quadrate der Entfernung seine Hypothese ungünstig komplizieren mufste. Er liefs es dann unbestimmt, ob nicht das Gravitationsfluidum mit dem Lichtäther identisch sei. Einen besonderen Äther — wobei sich die verschiedenen Äther immer nur durch die Gröfse und Bewegung ihrer Teilchen unterschieden — mufste er jedoch zur Erklärung der Kohäsion annehmen, derjenigen Kraft, welche die kleinsten Teile der Körper in ganz anderer Weise verbindet, als es durch die Schwerkraft allein möglich ist. Leider war es ihm nicht vergönnt, die Theorie der Kohäsion soweit durchzuführen, als er es für das Licht und die Schwere ermöglicht hatte. Im Briefwechsel mit Leibniz erwähnt er aufser dem Druck des Äthers noch „einen andern Umstand", den er zur Erklärung der Kohäsion verwenden wolle; aber er hat auf die Anfrage seitens Leibniz nicht mehr angegeben, worin dieser andere Umstand bestehe; es blieb ihm keine Zeit mehr zur weitern Ausbildung seiner Theorie, da ihn der Tod inzwischen abrief (1695). Wir können nicht ermitteln, was Huygens speziell im Auge gehabt hat.

So grofs dieser Verlust für die Wissenschaft sein mag, jedenfalls bleibt für Huygens das Verdienst, die mechanisch-atomistische Theorie der Natur auf den Höhepunkt geführt zu haben, den sie nach dem Standpunkt der Mathematik am Ende des 17. Jahrhunderts überhaupt erreichen konnte. Und das Wort, das sein grofser Gegner Leibniz an ihn richtete, wird bestehen bleiben: „Von allen, welche jemals die Atome als Behauptung aufrecht erhalten haben, hat, wie ich glaube, es niemand mit gröfserer Kenntnis der Ursachen gethan und mehr zur Beleuchtung der Sache beigetragen, als Sie, mein Herr."

Huygens war der Vollender der Galileischen Gedankenwelt. Galilei hatte die Bewegung des einzelnen Punktes auf Gesetze gegründet und dadurch von der Weltseele emanzipiert; Huygens übertrug diese Emanzipation auf das gleichzeitige Zusammenwirken von Körpern, wie sie z. B. im physischen Pendel, im Stofs der Körper, in der Übertragung der Geschwindigkeiten zwischen Äther- und Körperatomen vorliegt. Anstatt durch die Weltseele wurde die Anpassung der gegenseitigen Bewegungen nunmehr durch Prinzipien der Mechanik bestimmt. Ausreichende Grundgesetze waren aufgestellt, um die Natur als Mechanismus zu definieren, und im Weltäther war das Mittel gefunden, auf mechanische Weise die Wechselwirkung durch den unendlichen Raum zu verbreiten.

Die Weltseele hatte ihre historische Schuldigkeit gethan; sie konnte gehen. (Schlufs folgt.)

Neue Anwendungen des Dopplerschen Prinzips.

Welche bedeutsamen Aufschlüsse über die Bewegungen der entferntesten Himmelskörper uns durch die Feststellung der nach dem sog. Dopplerschen Prinzip bedingten Verschiebungen der Spektrallinien gegeben werden können, wurde in eklatanter Weise zuerst durch die von H. C. Vogel vor einigen Jahren inaugurierten spektrographischen Fixsternaufnahmen erwiesen, wie die ersten Jahrgänge dieser Zeitschrift in zahlreichen Artikeln bekunden. Es ist begreiflich, dafs jene schönen Erfolge zu weiteren Anstrengungen auch in anderen Ländern ermutigt haben, und so können wir denn heut über recht erfreuliche Fortschritte auf dieser Bahn sicheren wissenschaftlichen Erkennens berichten.

Mit dem vortrefflichen Spektralapparat am grofsen Lickrefraktor ist es zunächst Keeler gelungen, die Bewegung in der Gesichtslinie bei einer Reihe von hellen Nebelflecken durch direkte Beobachtungen zu ermitteln. Das Spektrum der meisten echten Nebelflecke besteht bekanntlich aus einigen getrennten hellen Linien, wie Huggins 1864 zuerst entdeckt hat. Während wir nun von der dritten dieser Linien längst wissen, dafs sie mit der zweiten Wasserstofflinie ($H\gamma$ oder F) identisch ist, herrscht über die Natur der hellsten Linie (bei 501 $\mu\mu$) gegenwärtig völlige Unkenntnis, nachdem sowohl die ursprüngliche Vermutung von Huggins, dafs sie dem Stickstoff angehöre, als auch die Ansicht Lockyers, dafs es sich um eine Spur von dem bekannten grünen Magnesium-Bande handle, durch genauere Wellenlängenbestimmungen widerlegt ist. Gerade diese genauen Bestimmungen der Wellenlänge der Haupt-Nebellinie führten nun Keeler zu der Wahrnehmung einer geringfügigen Verschiedenheit ihrer Lage bei verschiedenen Nebeln, die nur als eine Folge der durch die Bewegung im Visionsradius nach dem Dopplerschen Prinzip bedingten Verschiebung aufgefafst werden konnte. Als Vergleichslinien für die genauen Differentialmessungen hatten für die Haupt-Nebellinie eine Linie

des Bleispektrums (nach **Rowland** bei 500,56 μμ) und die Grenze des Magnesiumbandes (bei 500,75 μμ), für die Messung der zweiten Nebel-Linie dagegen die bei 495,76 liegende Eisenlinie gedient. Die bisher ganz unerreichte Genauigkeit der Messung, welche der grofse Lick-Spektralapparat gestattete, wurde wiederholt durch Benutzung beider Vergleichslinien, durch Bestimmungen der theoretisch berechenbaren Bewegung der Venus, sowie auch durch Beobachtungen an Fixsternen kontrolliert. So wurde z. B. mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 0,3 km ermittelt, dafs sich Arctur der Sonne in jeder Sekunde um 6,7 km nähert, was mit dem in Potsdam bestimmten Werte von 8 km recht gut übereinstimmt. Für die Bestimmung der Bewegungen der Nebelflecke in Bezug auf die Sonne ergab nun die völlige Unkenntnis der chemischen Natur der Haupt-Nebellinie eine Schwierigkeit, indem damit die normale Lage dieser Linie gleichfalls unbekannt ist, da sie doch in jedem Nebel entsprechend seiner Eigenbewegung verschoben erscheint. **Keeler** bestimmte deshalb zunächst die Normallage der Haupt-Nebellinie auf einem indirekten Wege mit Hilfe des Orion-Nebels und des Nebels G. C. 4390, welche eine so beträchtliche Helligkeit besitzen, dafs ihre Bewegung in der Gesichtslinie auch durch die Messung der Wellenlänge der dritten, dem Wasserstoff angehörenden Linie, deren Normallage genau bekannt ist, ermittelt werden konnte. Für die Haupt-Nebellinie ergab sich dann unter Berücksichtigung der aus der Verschiebung der dritten Linie abgeleiteten Bewegung beim Orion-Nebel die Wellenlänge 500,705 μμ, beim Nebel G. C. 4390 in fast völliger Übereinstimmung 500,707 μμ. Die auf dieser Grundlage abgeleiteten Bewegungen einiger heller Nebelflecke lassen sich nun in folgender Tabelle übersehen:

Bezeichnung des Nebels	Bewegung in der Gesichtslinie	Wahrscheinlicher Fehler
Orion-Nebel	+ 17,5 km	± 1,3 km
G. C. 826	— 10,1 „	
„ 2108	+ 5,9 „	2,9 „
„ 4234	— 34,1 „	1,7 „
„ 5851	— 51,2 „	
„ 4373	— 64,1 „	2,9 „
„ 4390	— 9,6 „	1,9 „
„ 6790	+ 48,2 „	
„ 4510	— 16,6 „	4,5 „
„ 4514	— 5,3 „	2,4 „
„ 6891	+ 40,5 „	6,4 „
„ 4628	— 49,5 „	2,9 „
„ 7027	+ 10,1 „	1,9 „
„ 4964	— 11,4 „	4,8 „

Das Vorwiegen des eine Annäherung bedeutenden negativen Vorzeichens in dieser Tabelle erklärt sich dadurch, dafs die meisten der hier aufgeführten Nebelflecke nicht weit vom Apex der Sonnenbewegung liegen, sodafs sich der Einflufs der Bewegung des Sonnensystems in diesem Sinne äufsern mufs.

Am Orionnebel hat Keeler auch zu ermitteln versucht, ob die verschiedenen Teile verschiedene Eigenbewegungen besitzen, sodafs man für innere, etwa wirbelartige Bewegungsvorgänge innerhalb dieser entstehenden Weltinsel einen Beweis gewänne. Die diesbezüglichen Bemühungen hatten jedoch vorläufig einen negativen Erfolg, sodafs jene Bewegungen, deren Existenz sehr wahrscheinlich ist, jedenfalls nicht hinreichend schnell sind, um durch das Spektroskop erkennbar zu sein.

Die Verwertung der zahlreichen seit einigen Jahren mit Hilfe des Objektivprismas gewonnenen Sternspektra zu Bestimmungen der Bewegung in der Gesichtslinie war bisher mit Schwierigkeiten verknüpft, da man bei derartigen Aufnahmen nicht nach Vogelscher Methode gleichzeitig ein irdisches Vergleichsspektrum, das mit den Sternspektren coincidiert, herstellen kann. Darum ist eine neue Ausmessungsmethode, welche kürzlich von Orbinsky publiciert wurde[1]), von Bedeutung. Diese Methode gründet sich darauf, dafs die Gröfse der Linienverschiebung in den verschiedenen Teilen des Spektrums verschieden ist, und dafs sich durch messende Bestimmung dieser Verschiedenheit gleichfalls ein Schlufs auf die gesuchte Bewegungskomponente des Sterns ziehen läfst. Die Bewegung heller Vergleichssterne, wie sie diese Methode benötigt, wird freilich auch in Zukunft am besten mit Vogels spektrographischem Verfahren ermittelt werden. Der wesentlichste Vorzug der Orbinskyschen Methode beruht darin, dafs auch für Aufnahmen, welche mit Hilfe eines nach Fraunhofer vor dem Objektiv des Fernrohrs angebrachten Prismas erhalten wurden, die Bewegungsbestimmung auf Grund der Ausmessung nicht einer, sondern zahlreicher Linien mit der erforderlichen Genauigkeit erfolgen kann.

Eine weitere, für die Folgezeit jedenfalls sehr bedeutsame Förderung hat die Anwendung des Dopplerschen Prinzips von theoretischer Seite erfahren, indem der berühmte französische Physiker Poincaré[2]) darauf hinwies, dafs die Gröfse der Linienverschiebung bei Himmelskörpern, die mit reflektiertem Lichte leuchten, ebenso von der Bewegung

[1]) Vergl. Astron. Nachr. No. 3289.

[2]) Siehe Comptes rendus, CXX., Nr. 8.

des reflektierenden Körpers gegen die ursprüngliche Lichtquelle, wie von der gegen unser Auge abhängen müsse. Zum Zwecke der empirischen Beetätigung dieses Theorems hat der durch seine Sonnenphotographien bekannte Spektroskopiker Deslandres während des vorigen Jahres mit bestem Erfolge photographische Aufnahmen des Jupiterspektrums gemacht. Die Rotationsgeschwindigkeit eines Punktes am Jupiteräquator beträgt 12,4 km in der Sekunde, sodafs beim Vergleich entgegengesetzter Punkte am Rande der Planetenscheibe sich schon eine beträchtliche, dem Betrage von 24,8 km entsprechende Linienverschiebung bemerkbar machen müsste, wenn Jupiter mit eigenem Licht leuchtete. Befindet sich der Planet nun zur Beobachtungszeit in Opposition mit der Sonne, sodafs wir ihn von derselben Richtung her betrachten, von der aus ihn auch die Sonnenstrahlen treffen, so mufs offenbar die Wirkung der Rotation auf die Verschiebung der Spektrallinien noch verdoppelt werden, weil der eine Rand sich der Erde und Sonne zugleich mit 12,4 km Geschwindigkeit nähert, der andere sich aber entfernt. Die wirklich zu beobachtende Linienverschiebung an den beiden gegenüberliegenden Punkten des Jupiteräquators müfste sonach einem Unterschied der Bewegung von 49,5 km entsprechen. Um diese Verschiebung festzustellen, stellte Deslandres den Spalt seines Spektroskops in die Richtung des Jupiteräquators und nahm photographisch das Spektrum des dadurch aus der Jupiterscheibe ausgeschnittenen schmalen Streifens auf. Alsdann müssen die Fraunhoferschen Linien, deren Länge durchweg gleich dem scheinbaren Jupiterdurchmesser ist, im Vergleich mit irgend welchen künstlichen Vergleichslinien eine etwas schräge Richtung aufweisen, indem ihre Mitte in normaler Lage erscheint (da die Rotationsbewegung der Jupitermitte senkrecht zur Gesichtslinie steht), während die beiden den Jupiterrändern zugehörigen Enden der Linien aus dem oben angegebenen Grunde in entgegengesetztem Sinne verschoben sind. Diese Methode ist durch den Vorteil ausgezeichnet, dafs die während der Expositionszeit erfolgten Schwankungen des Fernrohrs keinen wesentlich störenden Einflufs ausüben können, indem, wie leicht ersichtlich, die Schwankungen in Deklination nur eine Verstärkung der mittleren Teile des Spektralbandes bedingen[3], diejenigen in Rectascension dagegen die Linien zwar verwaschen erscheinen lassen werden, aber

[3]) Verrückt sich das Fernrohr ein wenig in Deklination, so wird nämlich statt des Durchmessers nur eine kleinere Sehne aus Jupiter ausgeschnitten, die Breite des Spektrums oder die Länge der Linien wird dadurch an beiden Seiten verringert, sodafs das Licht an den Enden der Linien in solchen Augenblicken gar nicht wirkt.

gleichfalls auf ihre Richtung keinen Einflufs haben können. In der That konnte denn auch der Bewegungsunterschied der beiden Jupiterränder auf Grund dieser Richtungsänderung der Spektrallinien auf einer Reihe von Platten bestimmt werden, wobei sich Werte zwischen 46,9 km und 50,2 km ergaben, sodafs das Theorem von Poincaré durch Deslandres' Untersuchung als vollauf bestätigt gelten kann. — Die Perspektiven, welche uns diese Erweiterung des Dopplerschen Prinzips eröffnet, sind mannigfache. Zunächst ist klar, dafs nur die der Sonnenatmosphäre eigenen Linien jene doppelte Verschiebung aufweisen können, während die erst durch die Absorption in der Planetenatmosphäre zustande kommenden nur die einfache, der Rotation entsprechende Verschiebung zeigen werden, und endlich die terrestrischen Linien von der Rotation des Planeten gänzlich unbeeinflufst bleiben müssen. Es würde sich sonach durch die Feststellung des neuen Theorems eine sehr einfache und sichere Methode ergeben, diese drei Kategorien von Spektrallinien von einander zu unterscheiden. Ferner wird die von Deslandres vorläufig nur auf den schnell rotierenden Jupiter angewandte Methode bei der hohen Vervollkommnung der modernen Spektrometer vielleicht auch das noch immer strittige Problem der Venusrotation der definitiven Lösung entgegenführen können. — Endlich besitzen alle Planeten infolge der Ellipticität ihrer Bahnen auch radiale Geschwindigkeitskomponenten der Sonne gegenüber, die bei Mars auf 2,24 km, bei Merkur sogar auf 9,81 km ansteigen können. Gelänge es nun, die grofsen Rowlandschen Gitter, die bisher nur der Untersuchung des Sonnenlichts dienen konnten, auch zur Zerlegung des Lichts der Planeten anzuwenden, so würde man jene radialen Geschwindigkeiten der Planeten mit einer so hohen Genauigkeit ermitteln können, dafs sich ein sehr sicherer Wert der Sonnenparallaxe daraus würde ableiten lassen. Kurzum, es zeigt sich hier wieder einmal, wie befruchtend ein an sich nahe liegender Gedanke wirken kann, sobald er nur erst die Aufmerksamkeit der Forschenden auf sich gelenkt hat.

Schliefslich wollen wir bei dieser Übersicht über die neuesten Anwendungen des Dopplerschen Prinzips nicht unerwähnt lassen, dafs nach Untersuchungen von Belopolsky der sehr regelmäfsig in einem Intervall von $5^1/_3$ Tagen veränderliche Stern δ Cephei aller Wahrscheinlichkeit nach ebenso wie Algol, Spica, Mizar und β Aurigae[4]) ein sehr naher Doppelstern ist. Nach spektrographischen, in Pulkowa

[4]) Vergl. u. a. Scheiners Aufsatz über „die Astronomie des Unsichtbaren", Bd. V, namentlich S. 132 f.

gemachten Aufnahmen schwankt nämlich dio Bewegung in der Gesichtslinie bei δ Cephei in Intervallen, die mit der Periode des Lichtwechsels ($5^{1}/_{3}$ Tage) übereinstimmen, zwischen — 24 km und + 4 km und es war möglich, eine Doppelsternbahn zu ermitteln, welohe diese Schwankungen hinreiohend gut erklärt. F. Kbr.

Verteilung und Masse der kleinen Planeten.

Die Zone der vielen kleinen Körper, welche zwischen Mars und Jupiter in Bahnen verschiedenster Exzentrizität und Neigung kreisen, erfreut sich gegenwärtig wieder einer lebhafteren Beaohtung seitens der Astronomen. Namentlich sind es Diskussionon über die Rolle, welche der Asteroidenzone bei der Bildung dee Sonnensystems zugefallen sein kann, zu denen die in den letzten Jahren, besonders seit der photographischen Auffindungsart, gewaltig angewachsene Schar der Planetoiden Anlafs giebt. Schon 1866 hatte Kirkwood die Bahnen der bis dahin bekannten 90 Planeten in Beziehung auf die mittleren Entfernungen unter einander verglichen und darauf aufmerksam gemacht, dafs die Verteilung der gegenseitigen Abstände unter den Asteroiden, während sio an einigen Stellen gehäuft orscheine, an anderen Stellen Lücken aufweiee. Dieso Unterbrechungen in der Verteilung der Asteroiden zwischen Mars und Jupiter entsprechen beetimmten Abständen der Planetoiden von der Sonne, und zwar solchen, wo die diesen Abständen zukommenden Umlaufszeiten zur Umlaufszeit des Jupiter in einem kommensurablen Verhältnis etehen. Die Lücken sind also dort vorhanden, wo die den Planeten ontsprechende Umlaufszeit die Hälfte, das Drittel u. s. f. vom Jupiterumlaufe betragen würde. Kirkwood sah hierin einen sehr bemerkenewerten Hinweis auf die Entstehungsart der Asteroidengruppe; ein Planet von ursprünglioh solch kommensurabler Umlaufszeit müsse mit Jupiter in kürzeren Zeiträumen immer in denselben Abschnitten der Bahn zur Konjunktion gekommen sein. Die durch dio Bahnlago begünstigten Störungen von Jupiter auf den Planeten könnten die Bahn des letzteren mit dor Zeit immor exzentrischer gestaltet, zur Änderung der mittleren Entfernung des Planeten geführt und schliefslich die Aufhebung des Verhältnisses der Kommensurabilität der Umlaufszeiten zwischen Jupiter und dem Planeten bewirkt haben. In den Jupiterstörungen sei eomit die Hauptursache der Lücken gelegen, die wir jetzt in der Aufeinanderfolge der Abstände der kleinen Planeten bemerken. Seit Kirkwoods Be-

merkungen hat sich die Zahl der entdeckten Asteroiden mehr als vervierfacht, und die Untersuchungen, die man derzeit über Verteilung und Lage der Babnen von 400 Planetoiden anstellen kann, haben einen gröfseren Anspruch auf Richtigkeit. Nach einer Zusammenstellung, die von Parmentier jüngst gemacht worden ist, und welche von dem gesamten Materiale der Planetenbahnen, freilich auch der noch unsicher bekannten, Gebrauch macht, liegen gegenwärtig die Verhältnisse folgendermafsen: der gröfste Teil der Planeten, über 370, kreist zwischen den mittleren Entfernungen 2,00 bis 3,25 von der Sonne (Erdentfernung = 1 gesetzt); dann folgt eine Lücke, welche dem kommensurablen Verhältnis zum Jupiterumlaufe von $^1/_2$ entspricht; hierüber hinaus finden sich 10 Planeten vor, worauf abermals eine Lücke folgt; weitere 4 Planeten befinden sich in den Distanzen 3,90 bis 3,96, und am weitesten von Mars bewegt sich einsam Planet „Thule" mit 3214 Tagen Umlaufszeit (Entfernung 4,26). Die früher in der Hauptansammlung der Planeten zwischen den Distanzen 2,16 bis 3,25 bestandenen Lücken sind fast ganz verschwunden, liegen, wie schon gesagt, über 3,25 hinaus und entsprechen an drei Stellen den kommensurablen Verhältnissen von $^1/_2$, $^2/_3$ und $^3/_4$. Die Erklärung dieser Lücken durch die Theorie der Störungen ist nicht so einfach, wie Kirkwood vielleicht vorausgesetzt hat. Die Arbeiten von Gyldén und Tisserand haben gezeigt, dafs für die Fälle der Kommensurabilität der Umlaufszeiten die sogenannte Störungsfunktion sehr vollständig und in Bezug auf die höheren Potenzen der Massen entwickelt werden mufs, um von dem Einflufs der Störungsglieder höherer Ordnung auf die Stabilität des Systems Rechenschaft geben zu können. Callandreau hat vor kurzem eine solche Entwicklung des speziellen Falles,wo es sich um Jupiter und um Planeten von kommensurabler Umlaufszeit handelt, unternommen und gezeigt, dafs hauptsächlich infolge Auftretens von Störungsgliedern dritter Ordnung sich Zonen der Nichtstabilität haben bilden können. In dem Falle, wo das kommensurable Verhältnis $^1/_2$ ist (wie bei der Hauptmasse der kleinen Planeten), liegt die Zone der Nichtstabilität über der Region, welche der völligen Kommensurabilität entspricht, was mit der Lage der Lücken in der Asteroidenzone übereinstimmt. Bei nahe erfüllter Kommensurabilität war nämlich die Einwirkung Jupiters eine solche, dafs die Moleküle des Urnebels zerstreut wurden, bevor sie Zeit fanden, dem allgemeinen Bildungsgesetz folgend, sich in einen gröfseren Körper zu vereinigen. Beim Nichtvorhandensein einer Kommensurabilität jedoch konnten die Moleküle ungehindert ihre nahezu kreisförmige Bewegung beschreiben

und die Kondensation vollzog sich so, wie sie Laplace angegeben hat. — Vor neun Jahren schon machte H. A. Newton darauf aufmerksam, dafs sich zwischen den verschiedenen Bahnebenen der kleinen Planeten eine ausfindig machen lasse, von welcher jene des Jupiter nicht viel abweicht. Diese mittlere Ebene ist nach Newtons neuerlicher Untersuchung der 400 kleinen Planeten bestimmt durch eine Neigung von 0,93° und den Knoten von 109°; die Neigung und der Knoten der Jupiterbahn sind 1,31° und 99°. Der Pol der mittleren Planetenebene beschreibt, da die Neigung durch die säkularen Störungen Jupiters nur sehr wenig verändert wird, und der Knoten eine konstante Bewegung hat, um den Pol der Jupiterebene eine Kurve, die sich nicht weit von der Kreisform entfernt. Für die verschiedenen kleinen Planeten ist diese Bewegung des Poles gröfser oder geringer. Wie also auch die Verteilung der Pole der Planeten zu irgend einer Epoche gewesen sei, es würden doch die von Jupiter ausgeübten säkularen Störungen zu einer Zerstreuung dieser Pole rund um den Pol der Jupiterebene geführt haben, und das gegenwärtige Differieren der Bahnebenen der kleinen Planeten untereinander wäre also schliefslich eine Arbeit Jupiters gewesen. — Die Masse des Körpers, aus welchem sich die Zone der Asteroiden gebildet hat, mag wohl unbedeutend gewesen sein. Eine Schätzung der Masse sämtlicher bis gegenwärtig entdeckter kleiner Planeten, die Roezl unter der Voraussetzung einer mittleren lichtreflektierenden Kraft wie die des Planeten Vesta, und unter Annahme einer mittleren Dichte von der des Mars für diese Planeten jüngst versucht hat, ergab $^1/_{40}$ von derjenigen unseres Mondes. Da die Mondmasse aber selbst wieder nur etwa $^1/_{80}$ der Erdmasse beträgt, ist die Masse der einzelnen planetarischen Individuen jedenfalls eine sehr geringe.

Neue Schwerebestimmungen.[1])

Vor etwa sieben Jahren hat der österreichische Oberst v. Sterneck in den Tiroler Alpen mittelst eines Pendelapparates an einer Reihe von Orten Messungen über die Schwerkraft vorgenommen, welche sehr interessante Resultate ergeben haben. Es zeigten sich nämlich für die einzelnen Orte merkwürdige Differenzen gegen die normale Schwerkraft, und zwar auf grofse Strecken hin nicht sprungweise, sondern gewissermafsen gesetzmäfsige Abweichungen. Diese Abweichungen stellen den Einflufs der Massenverteilung dar, welche in

[1]) Vgl. VI, S. 115 u. ff. Die Lothabweichungen und das Geoid.

der Erdkruste herrecht, und es unterliegt keinem Zweifel, dafs wir aus der Art jener Abweichungen wichtige Schlüsse über den Bau der Erdrinde ziehen können; denn die Erscheinungen sind kaum anders aufzufassen als durch das Vorhandensein von Massenanhäufungen und Massendefekten in den Erdschichten. Auf Grund der Sterneck schen Messungen und anderweitiger Resultate zeigte Helmert in einer Schrift „Über die Schwerkraft im Hochgebirge", dafs sich unter dem Gebiete der Alpen, von München bis Padua, ein Massendefekt der Erdrinde vorfindet, und dafs auch im Himalaya und im Kaukasus unterirdische Massendefekte vorhanden zu sein scheinen. Diese Massendefekte sind nicht überall in den Gebirgen anzutreffen, sie fehlen da und dort (z. B. beim Schöckel bei Graz). Eine Anhäufung der Massen ist wahrscheinlich bei verschiedenen Inseln vorauszusetzen, die in den Ozeanen zerstreut umherliegen, weil dort die Messungen eine gröfsere Schwerkraft ergeben haben, als vorhanden sein sollte. Die Massendefekte können entweder in wirklichen Höhlungen der Erdrinde oder, was wahrscheinlicher, in Schichten von geringerer Dichte bestehen, die Massenanhäufungen hingegen aus Zusammensetzungen von Gesteinsschichten besonderer Dichte. Die Pendelbeobachtungen, die Oberst v. Sterneck späterhin bis in die lombardische Tiefebene fortgesetzt hat, legten das Verhalten der Schwerkraft wie folgt dar: Mit Ausnahme von München war auf allen Beobachtungsstationen der Tiroler Alpen und des nördlichen Vorlandes die Schwerkraft geringer als die normale, südlich von Trient und in der lombardischen Ebene gröfser als normal. In der Nähe des Appenins wiesen zwei Stationen wiederum ein bemerkenswertes negatives Abweichen auf. Die Erklärung ist vermutlich dadurch zu geben, dafs dem unter den Alpen befindlichen Massendefekte eine die lombardische Tiefebene ausfüllende Massenanhäufung entspricht. Die beobachteten Differenzen in der Lombardei würden durch eine Schicht von der Dichte des Basalts erklärbar sein, die eine Dicke von 4—5 km hat und unmittelbar unter der Oberfläche liegt. Gegen den Appenin hin, etwa von Mantua ab, macht sich wieder der das Gebirge charakterisierende Massendefekt bemerkbar. Helmert hatte darauf hingewiesen, dafs ein solches ähnliches Verhalten der Schwere, wie es sich bei den Alpen in Beziehung auf deren Vorländer findet, überhaupt zwischen den Kontinenten und den Meeren zu vermuten sei. In der That ist diese Voraussicht durch die inzwischen von den Amerikanern an verschiedenen kontinentalen und Inselstationen des atlantischen Ozeans ausgeführten Schwerebestimmungen bestätigt worden: die Orte an der

amerikanischen und afrikanischen Küste ergaben kleinere Beträge der Schwere, die weit von den Kontinenten, im tiefen Meere gelegenen Inseln lieferten gröfsere Zahlen. Bei der grofsen Bedeutung, welche die Schwerebestimmungen für die Physik der Erde, für die Geologie und schliefslich auch für die Erkenntnis der wahren Gestalt der Erde haben, ist es begreiflich, dafs das allgemeine wissenschaftliche Interesse an dem Gegenstande immer mehr Zunahme gewinnt. Eine gründliche Durchsichtung und Lösung der vielfältigen, in das Gebiet fallenden Fragen ist indessen, wenn von jeder Theorie unabhängig vorgegangen werden soll, nur durch eine systematische, in grofsem Umfange in den verschiedensten Teilen der Erdoberfläche ausgeführte Reihe von Schwerebestimmungen zu erreichen. Es werden deshalb ebensowohl die weiten Flächen der Kontinente, wie die langgestreckten Küstenlinien der Meere, und die isolierten Inseln der Ozeane mit Pendelapparaten begangen und untersucht werden müssen. Auf Anregung des Oberst v. Sterneck hat sich das Ministerium der österreichischen Kriegsmarine entschlossen, solche Schwerebestimmungen zunächst im Becken des adriatischen Meeres, dann aber auch thunlichst auf jenen Reisen ausführen zu lassen, welche die Schiffe der Kriegsmarine unternehmen. Bereits liegt uns die erste, ausschliefslich durch österreichische Seeoffiziere ins Werk gesetzte wissenschaftliche Unternehmung vor.[1]) Danach sind in den Sommermonaten 1893 und 1894 Schwerebestimmungen an etwa 40 istrianischen und dalmatinischen Küstenorten und Inseln und auf etwa 50 Stationen des Königreichs Italien vorgenommen worden. Das Netz der Beobachtungen erstreckt sich um die Küste des adriatischen Meeres, von Lagosta südlich von Curzola über Dalmatien, Istrien, die lombardische und italienische Küstenlinie bis südwärts von Brindisi. Da auch die längs den Küsten streichenden Gebirgszüge der dalmatinischen und dinarischen Alpen, der Appeninen, sowie das neapolitanische Gebiet in den Bereich der Beobachtungen gezogen worden sind, gewährt die ganze Arbeit zum ersten Male einen Einblick in die Verhältnisse der Schwere innerhalb eines vollständig durchforschten Meeresbeckens. Die Messungen bestätigen zunächst, dafs die Punkte, an denen die Schwerkraft gröfser ist als normal, nahe der Küste und im Meere liegen; gegen die Gebirge hin nimmt die Schwerkraft ab. Die Linien, welche Orte verbinden, an denen sich gleiche Abweichung der Schwere zeigt, haben einen recht regelmäfsigen Verlauf; sie streichen namentlich im Becken

[1]) Relative Schwerebestimmungen durch Pendelbeobachtungen. Ausgeführt durch die k. k. Kriegsmarine 1892—94. — Wien, Gerold. 1895.

dee Meeree selbst, entsprechend der Zunahme der Schwere, beinahe parallel neheneinander. Südlich von Curzola und an der benachbarten apulischen Küste zeigt sich eine Störung dieees regelmäfsigen Laufes; die Kurven erscheinen etark gekrümmt. Im Appenin liegen die Linien von gleicher relativ kleiner Schwereahweichung. Die Gröfee der Schwerkraft ist nicht, wie es theoretiech sein eollte, für alle Orte desselben Parallelkreises die gleiche, eondern die Linien gleicher Schwerkraft weichen üher Gehirgsgegenden nach Norden, über Meeresbecken und Tiefebenen nach Süden von den Parallelen ah. Der Verfaseer dee betreffenden Abechnittes weist auch darauf hin, dafe auffälligerweiee das Gebiet der Kurvenstörung südlich von Curzola mit dem Gebiete der magnetischen Störungen jener Gegend zusammenfalle und den Gedanken anrege, ob nicht zwischen dem Erdmagnetiemue und der Veränderung der Schwere irgend ein Zusammenhang hestehe. Aufeer dieser regelrechten, vom Schiffelieutenant Triulzi ausgeführten Durchforechung dee Adriaheckens, eind noch eine bedeutende Menge von relativen Schweremeseungen in Aeien, Afrika, Amerika und Australien, eowie im hohen Norden durch die Offiziere Gratzl, Müller v. Elblein, Berea v. Leidenthal, gemacht worden, zum Teil auf einer Forschungsreise des Dampfere „Manche“ nach Jan Mayen und Spitzbergen, zum Teil gelegentlich der Übungsreieen der Kriegsschiffe „Saida“, „Zrinyi“ und „Faeana“. Die Beobachtungen betreffen 3 nordieche, 4 europäieche, 8 afrikanieche, 10 asiatieche, 7 australieche und 1 amerikanieche Station. Es wäre zu wünschen, dafe aue dem echönen Beginnen der öeterreichischen Seeleute eine Aufmunterung für ein internationalee Zusammenwirken erspriefeen und zu einer planmäfsigen Organisation des so wichtigen Zweigee der Schwereheetimmungen führen möchte.

Vom elektrischen Gebiete.

Welche Umwege mufs man doch einechlagen, um die starken elektriechen Ströme zu erhalten, deren die Technik heutigen Tagee nicht mehr entraten kann! Die in den Steinkohlen auf Flaschen gezogenen Sonnenstrahlen müssen durch Verbrennung der Kohlen wirkeam gemacht werden. Dadurch wird der Dampf einee Keseele zu so gewaltiger Spannkraft erhitzt, dafs er die mechanieche Arbeit leieten kann, welche in der Auf- und Abbewegung einee Kolbens in einem Cylinder besteht. Das mit in Bewegung geeetzte Schwungrad über-

trägt seine Drehung erst auf die Achse einer Dynamomaschine, und diese erst liefert den verwendharen Starkstrom. Natürlich möchte man gern die Anschaffungskosten für die auf diesem Umwege gebrauchten Apparate sparen und auch die Energieverluste, welche bei einem so komplizierten Apparate unvermeidlich sind, umgehen.

Aber die Versuche, den Strom direkter zu erhalten, hahen nur im kleinen bisber zu befriedigenden Ergehnissen geführt. Die insbesondere von Gülcher hergestellten thermoelektrischen Maschinen zeigen, dafs es jetzt schon möglich ist, einen zur Speisung einiger Glühlampen genügenden Strom durch einfache Erwärmung einer Thermosäule zu erhalten. Aber im grofsen werden solche Einrichtungen vorläufig nicht ohne einen beträchtlichen Kostenaufwand möglich sein. Die Kraft der chemischen Verwandtschaft ohne die Zwischenschaltung einer Dampfmaschine direkt in elektrische Energie zu verwandeln, ist freilich der älteste Weg, auf dem man elektrische Ströme erhalten hat, aber auch der teuerste. Denn da 1 kg Zink, das in den galvanischen Elementen verzehrt wird, nur durch die Verhrennung von 15 his 20 kg Kohle erzeugt werden kann, und dahei durch seine Verzehrung nur soviel Energie liefert, als zur Verwandlung von $2^1/_2$ kg eiskalten Wassers in Dampf gehört, während die Kohle den fünffachen Betrag an Energie durch direkte Verbrennung liefert, so liegt hierin der Beweis, dafs das galvanische Element das kostspieligste Mittel ist, einen elektrischen Strom zu liefern. Demnach wäre das Problem, die in den Kohlen aufgespeicherte Energie direkt in nutzhare elektrische Kraft umzusetzen, wenn es gelöst werden könnte, von der allergröfsten, geradezu revolutionären Bedeutung.

Ein erster Versuch in dieser Richtung ist von Dr. W. Borchers in Duisburg angestellt und auf der vorjährigen ersten Jahressitzung der elektrochemischen Gesellschaft heschrieben worden: Das durch unvollkommene Verhrennung aus der Kohle entstehende Kohlenoxydgas ist es, welches durch erneute Sauerstoffzufuhr zu Kohlensäure oxydiert werden soll. Die dahei entstehende Energie soll aher nicht als Verbrennungswärme, sondern als elektrische Spannung verwendet werden. Das kann in einer Gasbatterie geschehen, die folgendermafsen zusammengesetzt ist:

Ein Glasgefäfs ist durch zwei fast auf den Boden reichende Glasplatten in drei Abteilungen getrennt. Die mittlere enthält eine glockenförmige Kohlenmasse, die den einen Pol des Elementes hildet, und in welche der Sauerstoff mittels einer Röhre eingeleitet wird. Das Kohlenoxydgas wird in kupferne Röhren eingeführt, welche in den

äufseren Abteilungen Platz finden. Im übrigen ist das Gefäfs mit einer sauren oder basischen Lösung von Kupferchlorid erfüllt, welche den Vorzug hat, dafs sie gut leitet und sowohl den Sauerstoff als das Kohlenoxyd gut absorbiert. Dies war zugleich der zu zersetzende Körper. Statt des reinen Kohlenoxyds liefs sich mit gröfserem Vorteil das Kohlengas verwenden, welches nur 5 pCt. davon enthält. Man erhält mit diesem Elemente bei einem äufseren Widerstand von 0,1 Ohm einen Strom, der innerhalb $1^1/_2$ Stunden 1 kg Kupfer aus der Lösung niederzuschlagen fähig ist, während man bei 50 Ohm äufseren Widerstandes einen Spannungsunterschied von 0,56 Volt zwischen den Polen hatte, d. h. $^5/_9$ derjenigen Kraft, welche die für Läutewerke gebräuchlichen Elemente entwickeln. Berechnet man die elektrische Energie, welche das Gas liefert, wenn die Verbrennungswärme ganz und gar in elektrische Kraft umgesetzt wird, so erhält man den theoretischen Wert zu 1,47 Volt, so dafs 38 pCt. davon wirklich nutzbar gemacht werden. Kohlenpulver liefert ebenfalls genügende Resultate, aber die Verunreinigung der Lösung würde die Anwendung doch ausschliefsen. Natürlich haben diese Versuche zunächst nur ein theoretisches Interesse. Ihre praktische Verwendung ist Sache einer vielleicht nicht allzu fernen Zeit.

Aus der elektrischen Wellenlehre mag hier eine Beobachtung von R. Mack in Hohenheim Platz finden, welche sich auf die Doppelbrechung der elektrischen Wellen bezieht. Die Einrichtung des Apparates ist derjenigen analog, durch welche man die Doppelbrechung irgend einer durchsichtigen Substanz beweisen kann. Wenn zwei Nicolsche Prismen so aufgestellt werden, dafs ihre Hauptebenen aufeinander senkrecht stehen, so lassen sie bekanntlich keine Spur von Licht passieren. Sobald man indessen eine doppeltbrechende Substanz, z. B. eine Turmalinplatte, zwischen die Nicols einschaltet, tritt das Licht wieder auf. Den Nicols entsprechen in Macks Anordnung zwei Hertzsche Hohlspiegel, deren Brennlinien aufeinander senkrecht stehen. Ein Oscillator, der in der einen Brennlinie hin und her schwingt, wird dann auf einen in der andern aufgestellten Resonator nicht einwirken. Statt der Turmalinplatte wird nun hier eine Holzplatte eingeschaltet. Schon Hertz hat erkannt, dafs die elektrischen Wellen, ungleich denen des Lichtes, das Holz zu durchdringen fähig sind. Aber Mack ahnte, dafs die Transmission elektrischer Wellen durch das Holz in anderer Weise erfolge, je nachdem sie quer gegen die Fasern des Holzes vibrieren oder an ihnen entlang. Um es zu beweisen, schaltete er zwischen die Hertzschen Hohlspiegel eine Holzplatte von 25 cm Dicke,

deren Fasern eine Neigung von 45° gegen die Brennlinien haben. Die Funken, welche vorher nicht erschienen, wenn man die Brennlinien kreuzte, fanden sich sofort ein, als man das Holz dazwischen schob. Wir haben hier einen neuen schlagenden Beweis für die innigen Beziehungen zwischen den Gebieten der Elektrizität und des Lichtes.

Einen andern Beleg hierfür bietet eine Experimentaluntersuchung von Elster und Geitel in Wolfenbüttel, in der wir eine Art Umkehrung der berühmten Faradayschen Erforschung eben jenes Zusammenhanges erblicken, welche die Wirkung eines elektrischen Stromes auf die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes zum Ziele hatte. Diese Herren zeigen, dafs das Licht auf gewisse elektrische Ströme immer anders einwirke je nach seiner Polarisationsrichtung. Es war bereits Hallwachs der Nachweis gelungen, dafs gewisse blanke Metallflächen einen Belag von negativer Elektrizität durch die Einwirkung ultravioletter Lichtstrahlen verlieren oder mit anderen Worten, dafs eine elektrische Spannungsdifferenz, die zwischen einer solchen Metallfläche als Kathode und einem ihr gegenüberstehenden Metalldraht als Anode ihren Sitz hat, vermindert wird durch Einwirkung des ultravioletten Lichtes, was man auch so auffassen kann, dafs das Licht einen Strom zwischen diesen Polen einleitet. Elster und Geitel erkannten, dafs die Alkalimetalle für solche Versuche besondere Empfindlichkeit besafsen auch gegen andere als ultraviolette Strahlen. Sie erfanden eine Methode, diese leicht oxydierbaren Körper in blankem Zustande in luftleeren Glasrecipienten zu erhalten, wozu sich insbesondere die bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Legierung von Kalium und Natrium eignet. Sie zeigten, dafs eine solche „lichtempfindliche Zelle“ ein sehr gutes Mittel ist, um auch andere als ultraviolette Lichtquellen auf ihre Intensität zu prüfen, da die Intensität des durch die Belichtung eingeleiteten elektrischen Stromes derjenigen des Lichtes proportional ist. War damit gezeigt, dafs der Einflufs des Lichtes von der Amplitude seiner Schwingungen und auch von der Wellenlänge abhänge, so blieb noch zu zeigen, dafs die Richtung, in welcher sich die Schwingungen des Lichtes vollziehen, auf die Intensität des eingeleiteten Stromes nicht gleichgiltig ist. Nachdem in einer ersten Mitteilung an die königl. preufsische Akademie der Wissenschaften (1894, VI, S. 134) gezeigt war, dafs das Licht, welches durch ein Nicolsches Prisma auf jene blanke Metalloberfläche fällt, immer anders wirke, je nach der Stellung, in welche der Nicol gedreht wird, also je nach der Lage der Schwingungsebene der Lichtwellen, konnten sie in einer zweiten (1895 XI. Sitzung vom 28. Febr.) den Nachweis führen, dafs die Stärke des eingeleiteten

Stromes durchaus gesetzlich mit der Polarisationsrichtung des wirksamen Lichtes zusammenhänge. Die Stromintensität ist immer der Lichtstärke proportional, aber das Verhältnis beider Stärken ist ein anderes, je nachdem das Licht senkrecht oder parallel zur Einfallsebene polarisiert ist. Das Maximum des lichtelektrischen Stromes tritt für das zur Einfallsebene senkrecht polarisierte Licht dann ein, wenn der Strahl die Kathodenfläche unter einem Winkel von etwa 60° trifft, welcher dem Polarisationswinkel der Kalium-Natriumlegierung zu entsprechen scheint. Sm.

Bibliographisches

Bruno Kolbe: Einführung in die Elektrizitätslehre. I. 6 Vorträge über statische Elektrizität. V u. 250 S. kl. 8°. II. 6 Vorträge über dynamische Elektrizität. VIII u. 187 S. kl. 8°. Berlin, Julius Springer, München, R. Oldenbourg.

W. Weiler: Die Spannungselektrizität. Eine Anleitung zur Anfertigung und Behandlung der zur Spannungselektrizität gehörigen Apparate, zur Anstellung der damit vorzunehmenden Versuche und zur Ableitung der daraus folgenden Regeln und Gesetze. Magdeburg, A. u. R. Faber. VII u. 176 S. kl. 8°.

Beide Verfasser sind als pädagogische Schriftsteller bekannt, im besonderen durch Beschreibung von Lehrmitteln in der Zeitschrift f. phys. Unterricht; diese von den Verfassern selbst angegebenen Apparate finden sich naturgemäfs in ihren Büchern wiederum beschrieben, ohne dafs darum die Früchte fremder Arbeiten, besonders wiederum solcher, die in der genannten Zeitschrift ihre Veröffentlichung gefunden haben, unberücksichtigt blieben.

Den populären Vorträgen Kolbes möchten wir wegen des durchdachten systematischen Aufbaues und der trefflichen Darstellungsweise ganz besonderen Wert beimessen. Die Apparate sind zum gröfsten Teil einfacher Konstruktion, aber die Auswahl der Experimente ist doch nicht unter dem Gesichtspunkte erfolgt, alles aufzuzählen, was mit einfachen Mitteln erreichbar ist, vielmehr ist zumeist nur ein Experiment, welches für den jeweiligen Zweck am beweiskräftigsten erschien, ausgewählt und dann in nicht zu knapper Weise diskutiert. Dafs manche Gegenstände, welche für die Technik wichtig sind, so der Elektrometer, das elektrische Bogenlicht, ziemlich kurz behandelt werden, während andere, die den Pädagogen zu interessieren pflegen, so die Tangentenbussole, besser wegkommen, dürfte durch den Zweck einer „Einführung“ gerechtfertigt erscheinen.

Als inkorrekt ist uns nur die auf S. 53 (Bd. I) gegebene experimentelle Ableitung des Coulombschen Gesetzes aufgefallen. Hier wird bei dem Beweise für den ersten Teil des Satzes (Proportionalität mit dem Produkte der elektrischen Massen) die Entfernung gar nicht in Betracht gezogen, was natürlich nur angängig ist, wenn man den Versuch so arrangiert, das dieselbe konstant bleibt. Hiervon und von Kleinigkeiten abgesehen, möchten wir das Werk als eine Zusammenfassung dessen, was in den letzten Jahren für den Unterricht in der Elektrizitätslehre geschehen ist, Lehrern an höheren Schulen sehr empfehlen, vor allem kann man hier sehen, wie auch bei elementarer Betrachtungsweise eine quantitative Verwertung der Experimente möglich ist.

Weiler bietet in der Ausnutzung einfacher Mittel zu vielseitigen Experimenten mehr als Kolbe; es will uns aber scheinen, als stehe er infolge dessen hinter jenem zurück, was die systematische Verknüpfung der gewonnenen Einzelresultate anbetrifft. Zweck und Anlage der beiden Bücher sind eben verwandt, aber nicht identisch. Unrichtig erscheint uns bei Weiler die Demonstration für den Spannungsabfall entlang einer durchströmten Leitung (S. 77 u. 78), wenigstens in ihrem zweiten Teile. Richtig ist, dafs man diese Erscheinung mittelst einer halbleitenden Schnur zeigen kann, welche beide Pole der Elektrisiermaschine verbindet und eine Reihe von Doppelpendeln trägt; man darf aber hierbei nicht vergessen, dafs auf diese Weise der Abfall des Potentials im Vergleich zum Potential der Erde gemessen wird. Wenn also der Verfasser fortfährt, „spannt man zwei Schnüre von den Polen isoliert und parallel aus, verbindet sie durch Querfäden und hängt die Pendel an diesen auf, so hat man das Analogon zur Parallelschaltung von Glühlampen," so ist dies unzutreffend; denn den Abfall der Potentialdifferenz zwischen den beiden Leitern, worauf es doch ankommt, mifst man auf diese Weise nicht.

Der Wert der reichen experimentellen Erfahrung des Verfassers soll durch Erwähnung dieses Irrtums nicht angefochten werden.

Bernhard Wiesengrund: Die Elektrizität, ihre Erzeugung, praktische Verwendung und Messung. 60 S. 8°. Frankfurt a. M. H. Bechholds Verlag.

G. Schollmeyer: Was mufs der Gebildete von der Elektrizität wissen? 88 S. 8°. Neuwied und Berlin, Heusers Verlag.

Dr. J. Epstein: Überblick über die Elektrotechnik. Sechs populäre Experimentalvorträge. 89 S. 8°. Frankfurt a. M., Johannes Alt.

Drei nicht umfangreiche Bücher, welche den Laien über das Wissenswerteste aus dem Gebiete der angewandten Elektrizität aufklären wollen. Das erste dieser Büchlein erscheint uns gar zu knapp gehalten; wenigstens dürfte es zweifelhaft sein, ob sich der Leser beispielsweise von der Zersetzung des Wassers nach den wenigen Worten auf S. 9 u. 10, die durch keine Abbildung ergänzt werden, wird eine Vorstellung bilden können. Vielleicht darf man aber voraussetzen, dafs gerade solche „Schulexperimente" demjenigen, der ein solches Buch in die Hand nimmt, bereits bekannt sind; die Verbreitung des Buches, von dem bereits die zweite Auflage erscheint, spricht dafür, dafs es trotz seiner Kürze verständlich ist. Das Schollmeyersche Buch holt etwas weiter aus, seine Darstellung ist recht volkstümlich.

Das Werkchen von Epstein, welches ebenfalls bereits seine zweite Auflage erlebt hat, bietet unzweifelhaft am meisten. Hier gewinnt man wirklich einige Kenntnis der Aufgaben der Elektrotechnik und ihrer Lösungen.

Dabei ist die Darstellung populär, allerdings nicht so einfach wie in jenen beiden anderen Werken, da von dem Leser erwartet wird, er wolle sich auch eine Vorstellung der exakten Verknüpfung der Einzelerscheinungen bilden. Sp.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Der Blick von den Terrassen unterhalb Uwekahuna über den s.w. Teil des Kilaueakraters
Blickrichtung N.—S.

Gezeichnet nach einer Photographie des Verfassers vom 22. Dezember 1893.

Himmel und Erde

Der Vulkan Kilauea auf Hawaii.

Mit einigen Bezugnahmen auf die Vulkane Italiens.

Von Dr. Benedict Friedlaender in Berlin.

(Schlufs.)

Die Vulkane des Vesuv-Typus sind grofsenteils aufgeschüttet, und ihr Abhang hat daher vielfach eine Neigung, die zwar hinter den meist übertriebenen Darstellungen älterer Beobachter und besonders Maler zurückbleibt, die aber immerhin, wie schon erwähnt, auf Strecken von ansehnlicher Länge 30° überschreitet;[10] die Hawaiischen Vulkane sind dagegen aufgegossen, wenn man so sagen darf; die von dem Mittelpunkt der vulkanischen Thätigkeit ausströmenden Laven haben sich fast seeartig ausgebreitet und daher geologische Gebilde geschaffen, die trotz der teilweise sehr bedeutenden Höhe — der Mauna Loa ragt vom Meeresniveau bis zur Höhe der Jungfrau auf! — kaum mehr als Berge im gewöhnlichen Sinne des Worts gelten können. Die Durchschnittsneigung des 4170 m hohen Mauna Loa beträgt kaum 6°, erreicht wohl nirgends ganz 7°, sinkt aber auf langen Strecken und namentlich gerade gegen den Kulminationspunkt oder Gipfelkrater zu, auf kaum 3°; ja, nach J. Dana besitzt der längste Abhang des Kilauea, der sich vom Gipfelplateau nach dem Ost-Cap Hawaiis erstreckt, bei etwa 45 km Länge eine Neigung von 1° 35′! Die Gipfel des Mauna Loa und des Kilauea, besonders aber des ersteren, sind ausgedehnte Hochebenen,

[10] Die Gesamtneigung ist freilich auch bei den italischen Vulkanen, wie Vesuv und Ätna, sehr viel kleiner als 30°; nur Volcano und Stromboli (von erloschenen Vulkanen abgesehen), die sozusagen blofse „Aschenkegel" ohne flacheren Unterbau darstellen, mögen auch eine Gesamtneigung von 30° und darüber haben.

auf denen man wegen der sanften Terrain-Wellen und der kleinen Hügel und Dome der Fladenlava-Formationen oft kaum mehr erkennt, nach welcher Seite es eigentlich bergauf, nach welcher bergab geht. Manche Leser, denen einige Litteratur über die Hawaiischen Inseln bekannt ist, mögen sich schon gewundert haben, dafs ich vom Kilauea und vom Mauna Loa immer als von zwei verschiedenen Vulkanen rede, während meistenteils der Kilauea für einen Nebenkrater oder eine Seitenöffnung des Mauna Loa gilt. Rein *orographisch* ist diese Auffassung allerdings so ziemlich zutreffend, obwohl, so weit sich die Sache bei den äufserst geringen Neigungen überhaupt übersehen läfst, doch eine Spur von Einsenkung zwischen dem Kilauea-Gipfelplateau und dem Abhange des Mauna Loa vorhanden ist; aber *geologisch* dürfte man doch wohl zwei gesonderte Vulkane vor sich haben, die nachträglich durch ihre Lavaergiefsungen gleichsam zusammengewachsen sind. Wenigstens darf man nicht vergessen, dafs mehrere Male der an 3000 m höhere Zentralkrater des Mauna Loa Lava ergossen, *ja sogar noch hunderte von Metern in die Luft gespritzt hat, während sich der offene Lavasee des Kilauea ganz ruhig verhielt.* Nun bedenke man, dafs bei dem beinahe 3 betragenden spezifischen Gewicht der basaltischen Laven die 3000 m Höhenunterschied einen Druck von rund 900 Atmosphären erzeugen müfsten — wenn nicht etwa noch unbekannte oder nicht genügend gewürdigte Verhältnisse diese Zahl beträchtlich abändern sollten. Bei der geringen horizontalen Entfernung der beiden Krater (ca. 32 km) ist es eine fast grauenerregende Vorstellung, wenn man sich denkt, dafs der beinahe einen viertel Kilometer messende Feuersee plötzlich unter den genannten kolossalen Druck geriete! Dafs er sich aber während der Eruptionen des Mauna Loa-Zentralkraters meist ganz ruhig verhalten hat, jedenfalls aber *nicht* als eine gigantische Säule geschmolzenen Gesteins in die Luft gestiegen ist, scheint den elementarsten Gesetzen der Hydrostatik allerdings in einem Grade Hohn zu sprechen, der uns beweist, dafs hier wirklich noch unbekannte Verhältnisse mitsprechen müssen; ich kann mich hier aber auf die Theorien nicht einlassen und will nur andeuten, dafs zur Erklärung dieses Verhaltens die Vermutung ausgesprochen worden ist, dafs die Lava im Vulkanschlote des Mauna Loa aus irgend welchen Gründen, beispielsweise wegen stärkeren Gasgehalts, ein geringeres specifisches Gewicht habe, als diejenige des Kilauea.

Den Kilauea erreicht man am besten von *Hilo* aus, dem lieblich gelegenen Hauptorte der Insel Hawaii an deren Nordostküste, die man von

Honolulu aus nach etwa 30 stündiger Dampferfahrt erreicht. Die gute Fahrstrafse von Hilo zum Vulkan ist inzwischen wahrscheinlich fertig geworden. Sie führt in ihrem unteren Teile durch Zuckerrohrfelder, weiter oben durch die untere Waldregion, in der Eugenia malaccensis, zur Familie der Myrtaceen gehörig und ihrem äufseren Blatt-Habitus nach an kolossale Camellien erinnernd, vorherrscht; weiter oben geht es durch einen dichten Urwald eines anderen Baumes derselben Familie, des schon erwähnten Metrosideros, mit kleinen dunkelgrünlichen, auf der Unterseite helleren Blättern und brennend roten Blüten, an denen die langen Staubgefäfse viel auffallender als die Blumenblätter sind. Die grofsen Baumfarne mit ihren schwarzbraunen pfahlartigen Stämmen und mächtigen, hellgrünen Wedeln gemahnen an die riesigen Cryptogamen längst vergangener Erdperioden; an den Waldbäumen klettert die Freycinetia Arnotti, eine Pandanacee mit langen, dunkelgrünen, spitzigen Blättern, undurchdringliche Guirlanden bildend; massenhafte kleinere Farne, z. T. parasitisch auf den Bäumen lebende Arten, die dem Vegetationsbilde einen durchaus tropischen Anstrich geben, Bananengruppen und üppige Kräuter und Sträucher erinnern uns daran, dafs wir auf der Regenseite der Insel sind, auch wenn wir ausnahmsweise ohne einen der heftigen Güsse davon kommen, die in dieser Gegend fast täglich einige Male niederstürzen.

Bei 900—1000 m Höhe ändert sich das Pflanzenbild ziemlich plötzlich; die etwas geringere Durchschnittstemperatur und die vielleicht schon eine Spur weniger reichlichen Niederschlagsmengen, in viel höherem Grade aber wohl die geringere Verwitterung der frischeren Laven und der Mangel einer dickeren Humusschicht lassen die Metrosideros allmählich zu kleinen Bäumchen und schliefslich zu mannshohem Strauchwerk verkümmern; die Gehänge der Freycinetien verschwinden, an die Stelle der grofsen Cibotien treten kleinere Baumfarnarten; die Astelia veratroides mit langen, schmalen, grasartigen Blättern, förmliche Wäldchen von meterhohen Bärlappgewächsen und der grofsen Preifselbeere Hawaiis (Vaccinium reticulatum), der „Ohelo-Beere" der Eingeborenen, die der Vulkangöttin Pele heilig ist, verleihen dem Kilaueagipfelplateau einen Charakter, der trotz der mannigfachen Abweichungen im einzelnen, entschieden an eine freundliche Heidelandschaft Mitteleuropas erinnert. Schon lange hat die Neigung des Weges fast bis zur Unmerklichkeit abgenommen, und nach etwa 7-stündiger Fahrt erreichen wir unser Ziel, das am Nordostrande des Kilaueakraters liegende zweistöckige, hölzerne Vulkanhaus, in schöner Lage und angenehmem Klima, eine beliebte Sommerfrische

der Inselbewohner. Neben ihm steigen die leichten Dämpfe einer ansehnlichen Solfatare, der „sulphur-banks“, in die Höhe, die man mit amerikanisch-praktischem Sinne zu Kasten-Dampfbädern benutzt; es werden da aufser gediegenem Schwefel mannigfache andere Sublimationsprodukte erzeugt; auch gelingt dort, wie ich probierte, der von der ähnlichen Solfatare bei Pozzuoli her bekannte Versuch, dafs ein angezündetes Stück Papier oder dergleichen die scheinbare Menge und die Dichtigkeit der Dämpfe in höchst überraschender Weise plötz-



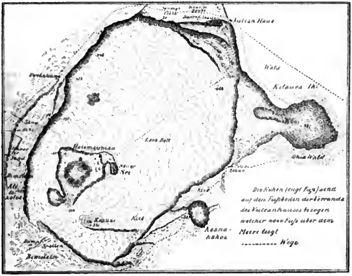
Blick auf die nordwestlichen Kraterwände, vom primären Krater aus gesehen.
Aufnahme des Verfassers.

lich in dem Grade vermehrt, dafs man sich mitunter vor dem selbst veranlafsten Qualm beinahe zurückziehen mufs.

Der Blick auf den Kilaueakrater thut sich erst dicht beim Vulkanhause mit einem Male auf.

Der Unkundige denkt sich unter einem „Krater“ meist einen engen und tiefen Schlund; der Kundigere vielleicht so etwas, wie den Ätnakrater; aber weder die populär-falsche, noch eine von den italischen Vulkanen abstrahierte richtigere Vorstellung trifft für den Kilaueakrater zu. Dieser ist vielmehr eine ausgedehnte, weite und verhältnismäfsig flache, in dem Gipfelplateau durch senkrechten Ein-

bruch entstandene Vertiefung. Man stelle sich ein länglich-rundes allseitig geschlossenes, grofses Kesselthal vor, das von Wänden umgeben wird, die an den meisten Stellen sehr steil, an vielen wirklich ganz senkrecht, und nur an wenigen (im Südwesten und im Nordosten) ohne besondere Mühe passierbar sind, sei es, dafs, wie im Südwesten, die Höhe geringer und die Neigung schwächer ist, sei es, dafs, wie im Nordosten, also auf der Vulkanhausseite, der Absturz nicht aus einer Wand, sondern aus mehreren Terrassen mit ver-



Der Krater des Kilauea.

Nach einer Aufnahme der Hawaiischen Landesvermessung vom Jahre 1886.
Der „Halemaumau“ war im Jahre 1893 gänzlich verändert.

bindenden, stark geneigten, aber doch bequem zugänglichen Abhängen besteht. Die schwärzlichen und stellenweise braun-rötlichen Kraterwände zeigen namentlich an ihren höchsten und steilsten Teilen, im Nordwesten und Westen, eine äufserst frappierende Schichtung, indem sie aus den rechtwinkligen Querbrüchen übereinander geflossener Lavaströme bestehen. Man würde sie sicherlich aus einiger Entfernung zunächst für sedimentäre Gebilde halten.

Der Kraterboden ist glänzend schwarz; sein Relief tritt bei greller Beleuchtung wegen des starken, glasigen Glanzes schon bei Ansicht

von oben hervor. Er stellt eine schwach gewellte, scheinbar fast ebene, in Wahrheit nach dem sekundären Kraterrande zu (von dem sogleich die Rede sein wird) ganz sanft (nach Dana mit 1° 9') ansteigende Fläche dar. Sie besteht fast ganz aus Fladenlava, ist so gut wie völlig vegetationslos und von zahllosen, schmäleren, breiteren und z. T. meterbreiten Klüften durchzogen; aus vielen von ihnen entweichen Wasserdampffumarolen, die natürlich bei kühler und feuchter Luft, also namentlich morgens, sehr viel auffallender sind, als etwa zur brennenden Mittagszeit; um Sonnenaufgang erinnern die vielen weifsen Dampffähnchen auf dem einfarbig schwarzen Untergrunde fast an Schäfchenwolken.

Die Dimensionen betragen ungefähr:[11])

Längster Durchmesser (Nordost-Südwest): 4,7 km.

Umfang des Kraters: 12,5 km.

Fläche des Kraterbodens: 10,6 qkm.

Meereshöhe des Vulkanhauses: ca 1230 m.

Der Kulminationspunkt befindet sich im Nordwesten und ist unbedeutend höher; in der Nähe dieses „Uwekahuna" benannten Punktes habe ich in der Blickrichtung von N nach S das hier reproduzierte Übersichtsbild (Titelbild) am 22. Dezember 1893 aufgenommen.

Gröfste Höhe der Kraterwand (West und Nordwest): ca. 140 bis 150 m.

Durchmesser des sekundären Kraters (Haw. Survey 1892): 650—750 m.

Tiefe desselben (Mitte November 1893, eigene Schätzung): ca. 20 m.

Durchmesser des Feuersess (Haw. Survey, August 1892): ca. 250 m.

Man sieht, dafs eine Umwanderung des Kilaueakraters, abgesehen von manchen Unbequemlichkeiten, wie Spalten und Klüften, ein weiter Spaziergang ist, und dafs man sich auf seinem Boden müde laufen kann.

Bei ganz klarem Wetter sieht man vom Vulkanhause im fernen Südwesten ein Stückchen des Meereshorizonts; im Westen — rechts vom Kilaueakrater — erstreckt sich der flache, lange Rücken des Mauna Loa, dem es niemand ansehen würde, dafs er an 3000 m höher ist, und dafs man fast zwei Tage zur Erreichung seines Gipfels braucht; noch weiter rechts, im Nordwesten, taucht im bläulichen Duft der Ferne über dem Metrosideros- und Farnen-Wald hinter dem Vulkan-

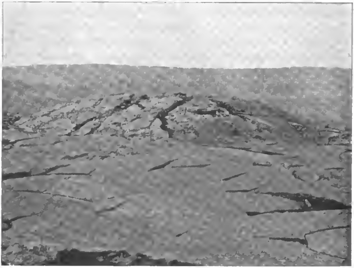
[11]) Wo nicht anders angegeben, sind die Zahlen den Karten des Danaschen Werkes oder dem Hawaiischen statistischen Jahrbuche „the Hawaiian Annual" entnommen und vom englisch-amerikanischen in unser Mafs-System umgerechnet.

hause — gerade dort ist er stellenweise üppiger, als sonst in dieser Höhe — der Gipfel des an 4210 m hohen, erloschenen Vulkans Mauna Kea auf, mit einigen Schuttkegeln und Schneefleckchen, die selbst im Hochsommer nicht ganz verschwinden.

Im südwestlichen Teile des Kilaueakraters, also in ziemlicher Entfernung (ca. 2.7 km nach Marcuse) vom Hotel, erblickte man eine gröfsere Menge von Fumarolen, die einen zweiten, gleichfalls senkrechten, aber viel kleineren und niedrigeren Absturz, den sekundären Krater, umgeben, dessen Dimensionen oben angegeben sind. Aus seiner Mitte erhebt sich aber nur ein ganz zarter, intensiv bläulicher Rauch, der aus dem Feuersee aufsteigt; die Lava selbst konnte man bei meinem ersten Besuche (Mitte November 1893) nicht sehen, da ihr Niveau gerade damals bedeutend gesunken war. Aber nachts verbreitete ihre Glut in dem Rauche einen hellen Feuerschein, der sich bei feuchter Luft, wenn die benachbarten Fumarolen am sekundären Kraterrande reichlicher dampften, viel gröfser und leuchtender ausnahm, als bei trockener Witterung. Unkundige würden dann sicher, aber ganz verkehrterweise, auf eine lebhaftere Thätigkeit schliefsen.

Unmittelbar beim Vulkanhause fällt die Kraterwand in Terrassen ab, die noch mit üppiger Haidevegetation bedeckt sind, und die man zur Anlegung eines Reitweges benutzt hat. In etwa 10 Minuten steigt man zum Kraterboden hinab, wo die Vegetation bis auf ganz vereinzelte Vorposten von Farnen und Ohelobeeren gänzlich unvermittelt aufhört; in einer weiteren, reichlichen halben Stunde gelangt man, gleichfalls auf gut gebahntem Wege, zum sekundären Kraterrande. Ehe wir aber in diesen hinabsteigen und uns zum Lavasee begeben, wollen wir einen Blick auf die Beschaffenheit des primären Kraterbodens werfen. Wie gesagt, wiegt die Fladenlava bei weitem vor, und nur an wenigen Stellen, die man förmlich suchen mufs, und die von oben gesehen durch den Mangel des Glanzes auffallen, findet sich Blocklava, wüste Haufen von grofsen, kleineren und kleinsten, unglaublich rauhen, wirr durcheinander liegenden, scharfkantigen und die besten Stiefel zerschneidenden Gesteinstrümmern. Von diesen Stellen abgesehen, zeigt der Kraterboden die im ganzen erdrückend eintönige, im einzelnen unendlich mannigfache Formation der windungs- und faltenreichen Fladenlava. Seilartig gedrehte Falten, rundlich zungenförmige Enden von Lavaströmchen, zackige Risse, die stellenweise den Boden in ein System von fast ebenen Schollen zerlegen; grofse, steil aufgerichtete Scherben, teilweise eingebrochene Lavatunnel, Spalten, die innen und am Rande mit schneeweifsen Gipssublimationen bedeckt

sind, wechseln in bunter Reihenfolge ab; hier und dort haucht uns warmer Dampf aus einem der Löcher oder Risse an; eine besonders breite Spalte wird auf einer kleinen Brücke überschritten. Aber alles ist schwarz, glänzend schwarz; nur hier und da heben sich die weifsen oder gelblichen Sublimationen an einigen der Öffnungen um so greller ab. Was aber diese Landschaft von den italischen Vulkanen, beispielsweise von dem einigermafsen ähnlichen Atrio del cavallo am Vesuv unterscheidet, das ist die glasige, schaumige und oft mit flachen, an-



Einer der Schollendome im Kilauea-Krater.
Aufnahme des Verfassers.

geschmolzenen, gelblich glänzenden Glasfäden bedeckte Kruste, die fast alle frischen Lavaoberflächen des Kilauea überzieht. Hier ist z. B. ein Lavastrom, der sich ein förmliches Bett eingeschmolzen hat und mit einem prachtvollen Faltenwurfe bekleidet ist; fafst man eine solche Falte an, so bleibt sie einem gelegentlich ohne weiteres in der Hand, und man sieht, dafs sie ganz aus der schlackenartigen, blasigen Kruste besteht.

Dann aber finden sich im Kilaueakrater Lavabildungen, die anderswo gar nicht, oder doch nur in geringerer Ausbildung vorkommen. Es sind das erstens die zahlreichen, oft sehr regelmäfsigen,

flach gewölbten Krustendome, deren (vergl. die Abbildung) Oberfläche aus grofsen, ebenen, wenig gegeneinander geneigten Schollen besteht. Da sich auf diesen oft Faltensysteme finden, deren Konkavität nach unten gerichtet ist, so müssen sich diese Dome erhoben haben, nachdem die Oberfläche erkaltet war; vielleicht sind sie dadurch zu stande gekommen, dafs die schnellfliefsende Lava in Bodenvertiefungen oder Rissen Luft oder gar Wasser absperrte, deren starke Ausdehnung oder Verdampfung dann jene Erhebungen erzeugte. Ferner giebt es eine Anzahl sogenannter „blow-cones“, d. h. Blaskegel. Es sind das aufrechtstehende Lavaröhren von verschiedener Gestalt und Gröfse; eine der auffallendsten war sehr regelmäfsig, hatte etwa 1 m Höhe und etwa ebenso viel lichte Weite; sie war unter dem Namen des „little beggar“ bekannt, befand sich unweit des sekundären Kraters, und hat vor Jahren Rauch und flüssige Lava in die Höhe geworfen; aus dieser hat sich die Röhre gebildet, wie ihre Aufsenfläche deutlich zeigt; sie sieht beinahe wie schwarzer Siegellack aus, ist glänzend, glatt und mit rundlichen Hervorragungen bedeckt, deren Form sogleich erkennen läfst, dafs hier die flüssige Lava in kleinen Partien hinabträufelte und dabei erkaltete.

Andere ähnliche Röhren haben nur einen engen Kanal, aus dem mitunter warme Luft oder Wasserdampf entweicht.

Östlich vom Kilaueakrater befinden sich noch zwei kleinere Grubenkrater, der kleine Keanakakoi und der ansehnlichere Kilauea-Iki; dieser ist in etwa einer halben Stunde vom Hôtel zu erreichen; seine Wände sind weniger steil und mit dichtem Metrosideros- und Farnen-Wald bedeckt; der Boden ist schwarze Lava und scheinbar fast glatt. Die Landschaft erinnerte mich etwas an den Nemi-See im Albaner Gebirge. Leider kann ich hier auf den Kilauea-Iki, der viel Interessantes bietet, nicht näher eingehen.

Eine Spezialität der hawaiischen Vulkane sind endlich die viel genannten Lavastalaktitenhöhlen. Einige derselben befinden sich weit unten am Berge, dicht oberhalb Hilos. Ich habe diese nicht besucht, wohl aber wiederholt eine andere, die im Kraterboden selbst, unweit des sekundären Kraterrandes, vorhanden war. Man stieg in einen nach ungefährer Schätzung etwa 20 m im Durchmesser betragenden kreisförmigen, senkrechten Einbruch auf einer Leiter hinab. Der etwa 6—10 m tiefere Boden war mit groben hinabgefallenen Felstrümmern bedeckt, über die man auf der gegenüberliegenden Seite ein Stück weit hinanstieg, bis zu einer Spalte, die horizontal in den Lavafels hineinführte, und in die man hineinkriechen mufste;

gleich dahinter aber erweiterte sich der Spalt, und man befand sich nun in einem langen, tunnelförmigen, in der Mitte etwa 2—3 m hohen Gange; wie man beim Scheine der Petroleum-Laternen sah, waren die schwarzen Wände an vielen Stellen mit weissen Gipssublimationen bedeckt. Aus dem Innern kam uns etwas warmer Dampf entgegen, der die Wände feucht hält und sich hier und da zu nieder-



Lavastalactiten-Höhle.

tropfendem Wasser kondensiert; man fühlt sich wie in einem Dampfbade. Das Wunderlichste sind nun aber die dichten Gehänge von „Stalaktiten“, wenn man sie so nennen darf, die stellenweise in geringer, nur wenige Centimeter betragender Entfernung von einander von der Decke herabhängen; manche sind bis zu etwa 30 cm lang, alle aber überall von fast gleicher, etwa $^1/_2$—1 cm betragender Dicke und absonderlicher Form. Sie erinnern noch am ehesten an die Gestalten von herabgeträufeltem Stearin. Rundliche, tropfenartige Hervorragungen, Drehungen und Windungen von mannigfacher Form, aber einheit-

lichem Typus zeichnen sie aus; alle enden mit tropfenartig abgerundeter Spitze und haben eine schiefergraue, mattglänzende Oberfläche; viele sind mit Gyps inkrustiert; unter manchen stehen am Boden der Höhle Stalagmiten, die viel dicker, knolliger und fester sind als die Gehänge der Stalaktiten. Diese sind nämlich grofsenteils hohl und äufserst zerbrechlich, so dafs es schon grofser Sorgfalt bedarf, sie unbeschädigt nur aus der Höhle herauszubekommen. Nach einiger vergeblicher Mühe gelang mir eine photographische Aufnahme bei Magnesiumblitzlicht, wobei ich im eigentlichen Sinne mein Pulver trocken halten und aufserdem das Objektiv über der Laterne vorsichtig heizen mufste (!), da sich sonst der Wasserdampf daran kondensierte und es trübte.[12] (Vergl. die Abbildung.) Die tieferen Teile der Höhle sind nur zu besuchen, indem man auf dem Bauche über feuchte Gipssublimationen und scharfen Lavafels kriecht; dort sind die schönsten Stalaktiten- und Stalagmitenbildungen, aber der Aufenthalt ist höchst unbehaglich. Ob diese Höhle noch zugänglich ist, oder inzwischen von der Lava des Sees, der im Sommer 1894 bedeutend gestiegen ist, überflutet wurde, weifs ich nicht; jedenfalls ist sie, wie alle Bildungen im Krater, vergänglich; dagegen mögen sich neue Höhlen der Art bilden, und diejenigen oberhalb Hilos haben Aussicht auf längeren Bestand. — Die Entstehungsweise der Lavastalaktiten ist bisher strittig; meine Ansicht darüber auseinanderzusetzen, würde hier zu weit führen. —

Der sekundäre Krater bildet abermals einen fast senkrechten, nahezu kreisförmigen, etwa 6—800 m im Durchmesser betragenden Absatz; er ist durch senkrechten Einbruch einer Partie des primären Kraterbodens entstanden, gerade so wie — höchst wahrscheinlicherweise — der ganze oder primäre Krater durch Einbruch einer Partie des Kilauea-Gipfelplateaus erzeugt worden ist. Der Boden des sekundären Kraters lag zwar Mitte Nov. 1893 nur etwa 20 m unter dem Rande; aber nur an der Ostseite, wo ein kleines Schutzhaus („das Grashaus") mit Telephon zum Hôtel hergerichtet war, konnte man bequem hinabsteigen, da dort die sonst senkrechte sekundäre Kraterwand durch einige gewaltige trümmererfüllte Klüfte teilweise nach innen abgesunken war. Hier stieg man hinab, durchschritt den mit ganz jungen, oft fast metallisch glänzenden und irisierenden schwarzen Fladenlavamassen erfüllten Boden des sekundären Kraters und näherte sich mit

[12]) Wie zivilisiert der Kilauea ist, mag der Leser übrigens auch daraus ersehen, dafs ich meine exponierten Platten zum Entwickeln nach Hilo schickte und mich tags darauf telephonisch vom Hôtel nach dem Resultat erkundigte.

vielen Umwegen dem Rande des Feuersees. Fast überall nämlich hatte die wasserartig flüssige Lava bei ihrem schnellen Erkalten hohle Krustentunnel gebildet, die unter dem Tritt klirrend und krachend zu Scherben zusammenbrachen und einige Vorsicht notwendig machten, obwohl man meist nur einen Einbruch von etwa $^1/_2$ m riskieren mochte.

In der Mitte des sekundären Kraters gab es damals (Mitte Nov. 1893) wiederum, also zum dritten Male, einen senkrechten Absatz, demnach sozusagen einen „tertiären Krater“. Der „Boden“ lag aber nur ca. 3 m unter seinem Rande und war nichts anderes, als die dünne, wenige Centimeter starke Schollendecke, welche auf der geschmolzenen Lava schwimmt. Man prüft den Rand auf etwa vorhandene Spalten, die an vielen Stellen, dem Rande parallel verlaufend, ein plötzliches Absinken in die Lavaflut vorbereiten, sucht sich eine sichere Stelle aus und tritt nun dreist zum Rande vor. Wenige Meter unter unseren Füfsen liegt die Oberfläche des berühmten Lavasees.

Wer sich bei einem Besuch im Tageslicht auf eine Art Theatercoup gefafst gemacht hat, mag unter Umständen enttäuscht sein; aber fesselnd und *fremdartig* ist der Anblick und mit nichts anderm vergleichbar, auch mit den italischen Vulkanen nicht. Die Schollendecke des Lavasees bildet eine ganz ebene, horizontale, graphitgraue, im Sonnenschein sehr stark glänzende Fläche; sie sieht bei Tage fast wie eine bleigraue Schlammoberfläche aus, besonders weil sie an vielen Stellen in einer langsamen (einige Centimeter in der Sekunde betragenden) horizontalen Bewegung begriffen ist. Man fühlt die strahlende Hitze und sieht wegen der beweglichen Luftschlieren beim Blick über die Seeoberfläche alle Gegenstände in der bekannten, zitternden Bewegung. An vielen Stellen scheint der vermeintliche Schlamm zu kochen, indem kleine Mengen der Flüssigkeit von entweichenden Gasen einige Centimeter hoch in die Luft geworfen werden. Die aufspritzende Masse ist aber nicht *grau*, sondern lebhaft *rot*, denn die Glut der Kilauealava ist so intensiv, dafs sie selbst in direktem *Sonnenschein* noch fast orangerot aussieht, etwa wie hellroter Siegellack. Nachts leuchtet sie blendend hellgelb. Wer ganz und gar nicht wüfste, worum es sich handelt, der könnte die aufspritzende Lava im *Tageslicht* ganz gut für eine undurchsichtige, prächtig rote Flüssigkeit halten, etwa für rote Ölfarbe. Bisher haben wir der Einfachheit wegen den Ausnahmefall vorausgesetzt, dafs keine eigentlich sogenannte Fontäne in Thätigkeit sei. Nehmen wir jetzt nun an, dafs sich eine solche, wie es häufig vorkam, vor unsern Augen entwickle. Eine Stelle des Sees scheint

lebhafter zu kochen[13]); die roten Tropfen steigen höher; einzelne Strahlen spritzen schon meterhoch; sie folgen schneller aufeinander; das leise Brodeln des Sees wird von dem Rauschen der niederfallenden Flüssigkeit übertönt; die Zwischenzeiten werden immer kürzer. Der grobe „Spray“ — die deutsche Sprache hat kein so bezeichnendes Wort — steigt 3—6 m hoch (meine Schätzung!), gelegentlich auch höher, und die „Lavafontäne“ ist fertig; eine breite Garbe roter Flüssigkeitsstrahlen und Tropfen, die sich sonderbar von dem grauen Hintergrunde der Schollendecke abhebt, und die fast wie Wasser rauscht und plätschert.

Der Anblick bei Nacht ist ganz unvergleichlich grofsartiger und in vielen Beziehungen auch noch lehrreicher. Überhaupt sollte man alle mit glühenden Massen operierenden Vulkane womöglich sowohl bei Tage als auch bei Nacht, und zwar öfters betrachten. Nachts erblickt man auf der ganzen Oberfläche des Sees ein unregelmäfsiges, weitmaschiges Netzwerk meist scharfgezeichneter, hellglühender Risse auf dunklem Grunde, welche die einzelnen Schollen voneinander trennen. Manche der Risse gehen über die ganze Ausdehnung des Sees. Ihre Gestalt ist schwach geschlängelt oder leicht zickzackförmig gebrochen — ein „*Netzwerk von Blitzen*“ (natürlich von *beständig* leuchtenden Blitzen!), wie ein von J. *Dana* zitierter, sehr treffender Vergleich lautet. Im einzelnen wechselt aber die Gestalt und Lage der leuchtenden Linien unter den Augen des Beobachters, indem sich die Schollen fortwährend langsam (etwa einige Centimeter in der Sekunde nach meiner Schätzung) verschieben und wandern. Hier und da verbreitert sich einer der glühenden Risse, ein schmaler Saum flüssiger Lava quillt langsam hervor und erkaltet in kurzer Zeit. Zahllose, kleine

[13]) Selbstverständlich handelt es sich nicht etwa um ein wirkliches Sieden der Lava, sondern nur um jene charakteristische, wallende und unter Umständen ein Aufspritzen verursachende Bewegung, welche entsteht, wenn Gase durch Flüssigkeiten aufsteigen, wie beispielsweise beim Sieden von Wasser. — Der Vergleich der Seeoberfläche mit einem glänzenden, grauen Schlamme dient natürlich gleichfalls nur zur besseren Veranschaulichung des ersten Eindrucks. Ich glaube, dafs er hierfür nicht ungeeignet ist, da er sich mir beim ersten Anblick sofort aufdrängte. In Wahrheit ist aber *nichts* von schlammartiger Konsistenz da, sondern die Schollen der Oberfläche sind beinahe fest und nur in grofsen Stücken noch etwas biegsam; die darunter befindliche Lava ist aber noch viel weniger ein Schlamm, sondern vielmehr eine ganz leicht bewegliche, dünne Flüssigkeit. Der starke Glanz der Oberfläche bringt es übrigens auch mit sich, dafs diese auf Photographien meist sehr hell kommt, was leicht zu falschen Vorstellungen führen kann, wenn nicht besonders darauf aufmerksam gemacht wird.

Lavaspritzer von wenigen Centimeter Höhe leuchten bald hier, bald da auf und erzeugen in ihrer Gesamtheit eine Art beständigen Funkelns. Leises Brodeln und Knistern ist das einzige Geräusch, wenn nicht gerade eine oder einige gröfsere rauschende und plätschernde Fontänen in Thätigkeit sind, oder ein paar Schollenränder aneinander kratzen. Bei Regenwetter gesellt sich natürlich ein ununterbrochenes Zischen dazu; und bei stärkerem Regen verhüllt sich alsbald der ganze sekundäre Kraterboden in wogende Wolken warmer Wasserdämpfe, welche jede Orientierung bei Tage wie bei Nacht unmöglich machen. Nachts werden sie so gleichmäfsig rotgelb durchleuchtet, dafs man kaum auch blofs weifs, in welcher Richtung der See liegt, wenn man nicht etwa dicht an seinem Rande steht; unter solchen Umständen that man besser, rechtzeitig fortzugehen, um nicht die einzige damals praktikable Aufstiegsstelle zum primären Kraterboden zu verpassen. —

Die gröfseren „eigentlichen" Lavafontänen blenden nachts so stark, dafs ich mich mitunter zur gemächlicheren Beobachtung einer grauen Brille bediente, und dafs man am sekundären Kraterrande gewöhnlichen Druck sehr bequem lesen konnte. Man sieht ferner, dafs in einem weiten Umkreise um jede Fontäne alle Schollen, oder wie sich die Sache nachts darstellt, alle glühenden Linien mit langsam wachsender Geschwindigkeit auf die Fontänen zuwandern; hat eine Scholle die unter der Fontäne befindliche, krustenfreie Stelle des Sees beinahe erreicht, so neigt sich ihr der Fontäne zugewandter Rand nach unten, und die ganze Scholle wird nun rasch in den See hinabgezogen; ein Beweis dafür, dafs sich, scheinbar paradoxerweise, unter den Fontänen absteigende und nicht etwa aufsteigende Konvektionsströme befinden. Auch lehrt die Erfahrung, wie ich von Kennern des Kilauea hörte, und soweit meine eigene Wahrnehmung reicht, dafs ein besonders lebhaftes Fontänenspiel eher ein Zeichen des Sinkens des Seespiegels zu sein pflegt. Wenn er dagegen ruhig ist, so kann man mit mehr Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs er im Steigen begriffen sei.

Während meiner Anwesenheit fehlten die Fontänen sehr selten ganz, mindestens 1—3 pflegten in Gang zu sein. Unter lebhafter Fontänenthätigkeit ist hier also das gleichzeitige Vorhandensein von etwa 6—10 gröfseren Fontänen zu verstehen; oft waren dann manche von ihnen in einer Reihe geordnet, offenbar über einem Risse, und es war auch oft schwer zu entscheiden, von welcher Höhe und Stärke

an man die beständig wechselnden, sehr zahlreichen kleineren und kleinsten Spritzer als „eigentliche“ Fontänen bezeichnen wollte. Das Geräusch, das viele Fontänen zusammen hervorbringen, ist dem der Meeresbrandung täuschend ähnlich. Zweifellos bilden die Fontänen das Hauptschaustück des Kilauea; ich zog aber bald die rastlose, ruhige und fast geräuschlose Thätigkeit ohne Fontänen vor. — Ein offenes, $1/4$ km weites Becken geschmolzenen, dünn überkrusteten Basalts in einer weiten Vertiefung eines „Berges“ von fast unmerklicher Neigung; keine dichten Dämpfe, sondern nur ein dünner, bei Tage bläulicher, nachts rot durchleuchteter, ätzender Rauch, den der Passat von uns forttreibt; kein bedrohliches Werfen von Rapilli aus einer engen polternden Bocca, wie beim Vesuv; kein betäubender, donnernder, brausender und brüllender Lärm, wie ihn die Monti Silvestri im Juli 1892 am Aetna vollführten, die zudem kolossale Blöcke zu schwindelnder Höhe schossen Im Vergleich zu den europäischen explosiven Dampfvulkanen imponiert der Kilauea vielmehr gerade durch seine erhabene R u h e. Durch diese Art vulkanischer Thätigkeit ist wahrscheinlich der ganze Archipel entstanden, und Berge sind aus flüssigem Basalt allmählich aufgegossen worden, die bei minimaler Neigung die Höhe der Berner Alpen erreichen Allerdings haben, wie der geologische Aufbau zeigt, stellenweise auch explosive Dampf- und Schutt-Eruptionen stattgefunden; ja, eine sichere historische Überlieferung meldet auch v o m K i l a u e a e i n e E x p l o s i v - E r u p t i o n, durch die eine Truppenabteilung des Königs Kamehameha I. durch Überschütten mit heifsem Bimsstein vernichtet wurde (1789); aber es handelt sich hier eben entschieden um A u s n a h m e n, die sich vielleicht durch eine gelegentliche Kommunikation von Meerwasser und geschmolzenem Basalt erklären. F ü r g e w ö h n l i c h a b e r i s t d e r K i l a u e a e i n V u l k a n, d e r s o g u t w i e o h n e D a m p f, a b e r m i t k o l o s s a l e n M e n g e n d ü n n f l ü s s i g e r L a v a a r b e i t e t; eine Thatsache, welche seine Eigenthümlichkeiten erklärt, und die mir von einer kaum zu überschätzenden Tragweite für die Vulkan-Theorien zu sein scheint.

Von Einzelbeobachtungen am Lavasee will ich hier nur erwähnen, dafs ich oftmals die Entstehung des sogenannten „Haars der Pele“ (der Vulkangottheit der alten Hawaiier) direkt beobachtete; jener den Mineralogen bekannten haarfeinen glasigen Lavafädchen, welche am Feuersee entstehen und vom Wind oft weit verschleppt werden. Sie bilden sich besonders in den Fontänen; etwas gröbere aber auch bei anderen s c h n e l l e n Bewegungen noch ziemlich dünn-

flüssiger, aber schon klebriger Lava[14]); die Tropfen und Tröpfchen der Fontänen ziehen sie aus, wie man aus Siegellack oder dünnem Honig Fäden ziehen kann. Mitunter sieht man nachts solche Fäden beim Lichte derselben Fontäne, die sie erzeugte, in der Luft schweben. Ganz besonderes Glück aber hatte ich an einigen Abenden mit der Beobachtung der von vielen wohl noch bezweifelten ächten Flammen, die ich an andern Vulkanen niemals bemerkt habe. Der Kilauea ist aber ein so sehr viel günstigeres Beobachtungsobjekt, dafs ich jetzt die Möglichkeit einsehe, dafs man sie anderswo, auch wenn sie vorhanden sein sollten, sehr leicht übersehen könnte. Ich kenne beleuchtete Dämpfe, die man anfangs leicht für Flammen hält, sehr wohl. Am Kilauea aber habe ich wirkliche Flammen zu Dutzenden gesehen. Es waren das schwach leuchtende, bläuliche bis grünlich blaue Stichflammen, die sich plötzlich hier oder da über einem der glühenden Risse entzündeten, meist nur wenige Sekunden, in seltenen Fällen aber bis etwa zu einer halben Minute brannten; mitunter erloschen sie, und entzündeten sich bald darauf an derselben Stelle von neuem. Sie waren nach meiner Schätzung vielleicht $^1/_4$—$^1/_2$ m hoch und besonders über kleineren glühenden Rissen mit aller nur irgend wie wünschenswerten Deutlichkeit zu sehen. In einer Nacht ereignete es sich auch, dafs sich mit einem Mal die Schollendecke an einer kleinen Stelle des Sees zu steifen Falten aufblähte, etwa von Meterhöhe; die Falte sank nach einigen Sekunden berstend zusammen, und in diesem Moment war auf einen Augenblick eine bedeutend höhere, etwas verwaschene Flamme zu sehen, ähnlich, wie wenn etwa in einem Reagenzglase ein Gemisch aus Wasserstoff und Luft verpufft. Doch war diese Beobachtung wegen der äufserst kurzen Dauer des Vorgangs nicht so völlig sicher, wie die der Stichflammen über den kleinen, glühenden Rissen. —

In der Nacht vom 23.—24. Nov. stieg der Lavaspiegel bis über den Rand der Grube, die wir als gleichsam tertiären Krater bezeichnen konnten. Der tertiäre Krater war somit ausgefüllt, und hatte aufgehört zu existieren; der Lavasee befand sich von nun an unmittelbar im sekundären Krater, und seine Lavaergüsse flossen in diesen. Wir werden sehen, dafs später in ähnlicher Weise auch der sekundäre Krater verschwinden sollte, und dafs dann der Lavasee also unmittelbar im primären Krater lag. Man darf aber nun

[14]) Z. B. an den später zu erwähnenden Lavakaskaden, die nach dem Erkalten namentlich an den Rändern oft mit stechenden Glasborsten und Stacheln bedeckt sind.

nicht etwa glauben, dafs die Lava, sobald sie den Rand des tertiären Kraters überstieg, einfach den Boden des secundären Kraters überfluten konnte; dazu erkaltet sie am Ende zu schnell. Der langsam über den Rand der Grube steigende Lavasee bildet vielmehr an seinem Umkreise einen höchst charakteristischen Wall, dessen Wachstum ich genau verfolgen konnte, und das meines Wissens bisher überhaupt noch nicht eingehender beschrieben ist. Da das Wachsen des Walls und seine Entstehung offenbar auf denselben Ursachen beruhen, so ist damit das ganze Gebilde erklärt. Drei Umstände, von denen einer die Hauptsache ist, bauen den Wall auf. Jedes Überfliefsen einer kleinen Lavamenge erhöht den Wall; oft sah ich, wie eine kleine feurige Lavazunge über den Rand leckte, ein Stück hinabflofs, und eben wegen ihrer geringen Masse schnell erkaltend, an jener Stelle den Wall ein wenig erhöhte und gleichzeitig verdickte. Zweitens spritzten die Fontänen, die, wie das sehr oft der Fall war, gerade am Rande des Sees entstanden und mitunter tagelang an derselben Stelle blieben, Lavatropfen auf und über den Wall, welche ihn gleichfalls erhöhten und gelegentlich auch phantastische nischenartige Zinnen auf ihm bildeten; drittens schieben sich beim Steigen des Sees zahlreiche Schollen der Oberfläche mit scharfem, weithin hörbarem Kratzen langsam über den Rand, kippen um und rutschen ein Stück hinab; und da sie an ihrer Unterseite noch lebhaft glühen, so kleben sie vielleicht alsbald an oder werden später durch kleine Überflüsse mit dem Walle verschmolzen. Die Schollen sind ganz ungefähr $^1/_4$ bis $^1/_2$ qm grofs und einige Centimeter stark, natürlich von unregelmäfsig eckiger Form; die Teile des Walls, an denen sie vorwiegen, erinnern an ein Schindeldach.

Zwei Umstände hingegen vermindern die Höhe des Walls; grofse Lavamengen schmelzen sich nämlich bei ihrem Überfliefsen ein wenig in den Wall ein, erniedrigen ihn also zunächst, wenn auch beim allmählichen Nachlassen des Überströmens der Schaden alsbald repariert wird. Der obere Rand des Walles liegt natürlich in einer Horizontalebene; die Höhe des Walles ist aber trotzdem keineswegs überall gleich. An den Stellen nämlich, wo reichliche Überflüsse stattfinden, wird ja auch der sekundäre Kraterboden rascher erhöht, so dass der eigentliche Wall dort niedriger, aber auch sonst weniger markiert ist, indem er in sanft geschwungener, nach oben konkaver Kurve ansteigt. Die Partien hingegen, die aus Lavaschindeln bestehen, sind hoch, steil und vom Kraterboden scharf abgesetzt. — Sobald aber das Lavaniveau sinkt, so hält sich der nunmehr innen und aufsen frei

stehende Wall nur sehr kurze Zeit und stürzt in grofsen Stücken in den See, wobei die Kruste zerbrochen und oft förmliche Wellen erzeugt werden; unter solchen Umständen mufs man also mindestens die unsolideren Partien des Walls sorfältig meiden. Das nachstehende Bild zeigt den See vom Frühjahr 1893 mit Wall. Als ich den Kilauea zuerst besuchte, war, wie beschrieben, kein Wall vorhanden, sondern der See in einer Grube, in dem von uns so genannten, sehr vergänglichen „tertiären Krater"; gegen Ende Dezember aber war wiederum ein stattlicher Wall vorhanden, der bei etwa 40° äufserer Neigung nach



Der Lavasee, wahrscheinlich im Frühjahr 1893, vom sekundären Kraterrande aus gesehen.
Nach einer Aufnahme von G. T. Silva in Hilo.

meiner Schätzung eine Höhe von 4—8 m erreichen mochte. Von Tag zu Tage wuchs der Wall sichtlich, aber gleichzeitig erhöhte sich nun auch durch die fortwährenden Überflüsse mächtiger, nachts blendend hell leuchtender Lavakaskaden der ganze sekundäre Kraterboden, so dafs also die Gestalt des ganzen sekundären Kraters samt Inhaltsgebilden ein annähernd gleiches Aussehen bewahrte, sich aber immer mehr erhob. In den letzten Tagen des Dezember 1893 waren von den etwa 20 m Niveauunterschied zwischen primärem und sekundärem Krater nur noch höchstens 4—6 m übrig geblieben, und nach meiner Abreise verschwand, wie ich aus Photographien und Beschreibungen ersehen habe, auch der letzte Rest des „sekundären Kraters". Nunmehr befand sich also der Lavasee unmittelbar

im primären Krater und erhöhte durch seine Ergiefsungen dessen Boden. Das dauerte bis zum Juli 1894, als mit einem Male, an einem Tage der Lavasee urplötzlich sank und gleich darauf nicht etwa nur der Wall, sondern ein grofser Teil der Umgebung des Sees tief einbrach, so dafs an Stelle des Feuersees und seiner näheren Umgebung nichts als ein steiler, trümmererfüllter Schlund übrig blieb: Der Anfang zu — einem neuen „sekundären Krater". Derselbe Vorgang hat in den letzten Jahrzehnten mehrfach stattgefunden, vor dem Juli 1894, in den Jahren 1886 und 1891, beide Male kurioserweise am 6. März. Es bildet sich der „sekundäre Krater" in wenigen Stunden, um dann nach und nach im Laufe mehrerer Jahre durch die meist einige Wochen nach dem Einbruche in der Tiefe wieder zu Tage tretende Lava ausgefüllt zu werden, so dafs eine Art von Form-Cyklus durchlaufen wird, ganz ähnlich wie beim Vesuv, nur dafs alle Kegel nicht aus Schutt von 30—40° Neigung, sondern aus solidem Basalt von stellenweise kaum 3° Neigung bestehen, mit Ausnahme des verhältnismäfsig kleinen und vergänglichen steileren Walls. Die inneren Kraterabstürze sind dagegen umgekehrt noch steiler als beim Vesuv, nämlich meist fast senkrecht.

Als Ursachen jenes anscheinend leidlich regelmässigen Formwechsels lassen sich mit grofser Wahrscheinlichkeit folgende aufstellen.

Was die Ausfüllung des zunächst einmal als vorhanden angenommenen sekundären Kraters betrifft, so haben wir den sehr einfachen Vorgang der Niveauerhöhung durch Überfliefsen infolge Steigens des Lavaspiegels bereits kennen gelernt, wobei nachzutragen ist, dafs mitunter der Wall durch den seitlichen Druck einfach an einer Stelle zerbricht, wie das in der Nacht vom 22./23. Dez. 1883 der Fall war. Es war eine Lücke im Wall von einigen Metern Breite und ebenso viel Höhe entstanden, durch welche die Lava in mächtigem Schwalle zweimal 24 Stunden lang in ununterbrochener Kaskade ausflofs und durch eine völlige Überschwemmung den ganzen sekundären Krater auf einige Zeit unzugänglich machte. Ein solcher unvorhersehbarer Wallbruch könnte unter Umständen für den Besucher verderblich werden. Stellenweise bestand der Wall fast nur aus den über den Rand geschobenen Schollen, die sich dachschindelartig übereinander gelegt hatten. Diese Stellen waren mir von vorn herein verdächtig, auch wurde ich von Kundigen gewarnt; und wirklich fand der Wallbruch an jener Partie, als dem Orte des geringeren Widerstandes statt. Die solideren Teile des Walles habe ich dagegen oft erstiegen; oben steht man unmittelbar am Rande des Feuerpfuhls und kann das Schwanken,

Schieben und gelegentliche Brechen der Schollen in allernächster Nähe betrachten: man kann bequem einen Stock in dem Lavasee entzünden. Aber man sieht deutlich nur den allernächsten Teil der Seeoberfläche; alles weiter Entfernte wird bei der Schiefe der Blickrichtung durch zitternde Luftschlieren bis zur Unkenntlichkeit getrübt; auch ist die Hitze an der Grenze des mit Überwindung gerade noch Erträglichen; zudem mufs man genau acht geben; wenn die Schollen brechen, die glutstrahlende, rote Flüssigkeit hervorquillt, steigt und sich dem äufsersten Rande rasch nähert, so steht an der Stelle, wo man sich gerade befindet, ein Überfliefsen unmittelbar bevor, und man mufs eiligst weg. Aus diesen Gründen ist der See ohne Wall für die Beobachtung, z. B. auch der Flammen, viel besser, als der See mit Wall, auch für denjenigen, der sich nicht, wie fast jeder Neuling, vor eingebildeten Gefahren fürchtet und wirkliche aus Unkenntnis mifsachtet.

Die Erhöhung des sekundären Kraterbodens und das schliefsliche Verschwinden des ganzen sekundären Kraters wäre demnach anscheinend befriedigend durch das Überfliefsen der Lava erklärt. Aber diese Erklärung, so einfach und richtig sie auch ist, kann nicht als vollständig gelten. Nach den von Dana mitgeteilten Beobachtungen unterliegt es nämlich keinem Zweifel, dafs sich mitunter der Kraterboden als ein Ganzes offenbar durch den Druck der aufsteigenden Lava hebt, deren Säule tiefer unten sicher viel stärker ist, als der Durchmesser des Feuersees; ja, früher ist es zur Emporhebung von sehr ansehnlichen Hügeln in der Nähe des Sees gekommen, besonders dem in früheren Beschreibungen viel genannten, vor Jahren gänzlich versunkenen „Halemaumaukegel". Doch kann dies aber nicht näher angeführt werden, umsomehr, als ich selbst keine solche Beobachtungen machen konnte. Jenes Empordrücken des sekundären Kraterbodens erklärt auch die gelegentlich vorkommenden krachenden Geräusche, die ich freilich nur von Hörensagen kenne.

Ferner aber werden nun auch die so merkwürdigen Einbrüche verständlich, die einem plötzlichen Sinken des Lavaspiegels folgen. Das Sinken wird wahrscheinlich darauf zurückzuführen sein, dafs sich die Lava auf einem tieferen Niveau seitlich durchgeschmolzen hat. Der nachfolgende Einbruch aber kann kaum anders verstanden werden, als durch die Annahme, dafs die ganze nähere Umgebung des Lavasees, also namentlich das Areal des sekundären Kraters, gleichfalls nichts anderes ist, als eine freilich viel dickere Decke von Schollen, die zwar nicht geradezu auf der darunter befindlichen Lava schwimmt, aber doch auf das Vorhandensein der flüssigen Unterlage

angewiesen ist. Wenn sich die Lava darunter zurückzieht, so bricht die Decke in grofsen Stücken ein. Man beachte bei dieser Erklärung, dafs das Vorhandensein von geschmolzenen Massen unterhalb des sekundären Kraterbodens, oder mit anderen Worten, die Dickenzunahme der Säule geschmolzenen Basalts nach unten hin, nach den erwähnten Mitteilungen Danas nicht zweifelhaft sein kann, so dafs sich jene auch von Dana angenommene Erklärung der Einbrüche von selbst ergiebt. — Man vergleiche damit auch das früher über den Vesuv Gesagte.

Im Vorhergehenden habe ich versucht, eine möglichst anschauliche Beschreibung des Kilauea zu geben, so wie er zur Zeit meiner Anwesenheit war. Absichtlich habe ich mich einer möglichst nüchternen, und wie ich fürchte, manchen Lesern allzu nüchternen Schilderung befleifsigt, da die meisten Beschreibungen in den gegenteiligen Fehler verfallen. Um möglichst deutliche Vorstellungen zu erwecken, war auch eine gewisse Breite nicht immer zu vermeiden; eine auf alle mitteilenswerten Details eingehende Beschreibung aber würde den Raum eines Zeitschriftartikels weit übersteigen, aufserdem aber, wie das das Schicksal aller auf wirkliche Erschöpfung ihres Themas abzielenden Schilderungen ist, ermüdend auf alle Leser wirken, die nicht dem Gegenstande ein ganz spezielles Fachinteresse entgegenbringen. Wer sich von meiner Darstellung unbefriedigt fühlt, den bitte ich die Schuld wenigstens teilweise der grofsen Schwierigkeit des Gegenstandes zuzuschreiben; „spottet“ doch der Kilauea nach Aussage mancher Augenzeugen, „jeder Beschreibung.“

Selbst eine durch Abbildungen unterstützte, kurze Schilderung kann nicht mehr erreichen, als eine mehr oder minder sorgfältige Aufzählung der Einzelheiten. Was aber wirklich ein Ding der Unmöglichkeit bleibt, das ist die Wiedergabe des wunderbaren Gesamteindrucks. — An manchen Tagen und Nächten habe ich stundenlang dem wechselnden Spiel der Fontänen, dem „Wandern der glühenden Risse“ und späterhin, nach Bildung des Walles, den mitunter fast stündlich herabrauschenden und oftmals halbe Stunden und länger fliefsenden Kaskaden gelbglühender Lava zugeschaut. In hellen Nächten kämpfte das Mondlicht mit der vulkanischen Glut; die Fontänen, Kaskaden und beleuchteten Dämpfe schienen rötlicher, das Mondlicht grünlicher als sonst; im sekundären Krater mufste man, wenn gerade viele Überflutungen stattgefunden hatten, oftmals auf Lavaströmen gehen, die wenige Centimeter unter der Oberfläche noch lebhaft glühten und auf denen Wasser sofort verzischte. Die schlimmsten Stellen

wurden im Laufschritt genommen, und gelegentlich mufste ich mich mit meinem photographischen Sack und Pack vor den glühenden, burtig vorwärtsrinnenden Ausläufern eines Lavastroms zurückziehen. Jede Lavakaskade verbreitert sich nämlich, sobald sie weniger geneigtes Terrain erreicht, also vom Fufse des Walls an, unter entsprechender Abnahme der Stromgeschwindigkeit aufserordentlich stark und erinnert, indem sich der untere Teil zugleich überkrustet, der Form und Bewegung nach an eine riesige schwarze Amöhe; nur ihre roten, zungenförmigen, vorrückenden Ausläufer und die Risse und Vertiefungen zwischen den stellenweise zu einem wüsten Scherbenwerk aufgerichteten Schollen der Oberfläche lassen auch am unteren Teile des Stroms die helle Glut zu Tage treten, während der ohere oder Kaskadenteil ein fleckenlos gelb glühender Schwall ist. Von Zeit zu Zeit gleiten auf dem Lavafalle Stücke der Krustenoberfläche mit; oft hleihen sie als mächtige graue Lappen am Rande des Walles einen Augenblick hängen, um erst dann von dem hinahbrausenden glühenden Strome mitgenommen zu werden. Später, gegen Ende des Überfliefsens, haften aber die Fetzen längere Zeit und schliefslich dauernd fest, während unter ihnen die Lava noch einige Zeit hindurch weiter strömt. Unter günstigen Umständen kann man sich selbst einer grofsen Lavakaskade von der Seite her his auf wenige Meter ohne Gefahr nähern; nur mufs man das Gesicht mit dem Hute ab und zu gegen die strahlende Hitze schützen.

In solcher Umgebung ruhig und unhefangen zu heobachten, gelingt kaum jemandem ohne längere Gewöhnung, und daher stammen auch wohl die vielen Vulkanhescbreibungen in blühendem Stil, die sich fast wie Poesien lesen und oftmals grofsenteils auch Poesien sind.[15])

[15]) Zu den **subjektiven** Schwierigkeiten einer Vulkanheschreibung gesellt sich noch eine **objektive**, nämlich die schnelle Veränderlichkeit und Wandelharkeit der vulkanischen Bildungen und Erscheinungen. So kann der Leser aus der hier gelieferten Skizze ohne weiteres entnehmen, dafs der Kilauea in früheren Jahren mitunter recht anders ausgesehen hat, wie zur Zeit meiner Anwesenheit, und dafs er in Zukunft sicherlich wiederum andere Formen annehmen wird. Es mag vielleicht manchem willkommen sein, wenn hier die **hauptsächlichsten** hisher vorgekommenen Formtypen übersichtlich zusammengestellt werden, wodurch dann auch die Möglichkeit gegeben ist, sich in den früheren Beschreibungen zurecht zu finden, so weit diese einigermafsen zuverlässig und verständlich sind. Wir fangen dabei mit dem am meisten veränderlichen, eigentlichen Zentrum der vulkanischen Thätigkeit, dem **Feuersee** an. Schon die Zahl der Lavaseen ist durchaus nicht immer dieselbe, indem ausnahmsweise (namentlich in den ersten Wochen nach den erwähnten „Einbrüchen") gar keiner, mitunter aher auch mehrere vorhanden gewesen sind. Ferner

wechselt natürlich Gröfse und Gestalt der Seen ungemein. Drittens endlich ist der Eindruck und die Beobachtungsgelegenheit sehr verschieden, je nachdem sich der See im Grunde einer mehr oder minder tiefen, steilen Grube, oder auf dem höchsten Punkte des sanft ansteigenden — sekundären oder primären — Kraterbodens befindet und dann meist von dem ausführlicher beschriebenen „Walle“ umgeben ist. Der Leser wird leicht verstehen, dafs ersteres nach einem Sinken des Lavaniveaus und noch mehr in der ersten Zeit nach einem der grofsen Einbrüche der Fall sein mufs, während das Vorhandensein eines Walles ein Zeichen dafür ist, dafs in den letzten Wochen der See gestiegen ist. — Was den sekundären Krater, d. h. den „Krater im Krater“ betrifft, so kann ein solcher vorhanden sein und kurze Zeit nach einem Einbruche sogar eine recht ansehnliche Tiefe haben; er kann aber auch ganz fehlen, wie z. B. in den ersten Monaten des Jahres 1894. Da das bei den Einbrüchen hinabsinkende Areal weder immer dieselbe Form, noch auch dieselbe Ausdehnung hat, so ist auch Gröfse und Gestalt des sekundären Kraters durchaus nicht unveränderlich. — Der primäre Krater ist etwas dauerhafter; aber es unterliegt keinem Zweifel, dafs auch dieser in längeren Zeiträumen sehr beträchtlichen Tiefenänderungen unterworfen ist: denn sobald der etwa vorhanden gewesene sekundäre Krater durch allmähliche Ausfüllung oder Hebung seines Bodens verschwunden ist, so ergiefsen sich ja die Laven des Sees unmittelbar in den primären Krater und erhöhen dessen Boden; ferner aber ist es durchaus wahrscheinlich, dafs auch durch Druck verursachte Hebungen des ganzen primären Kraterbodens vorkommen. Es liegt sogar der Gedanke nahe, dafs der primäre grofse Kilaueakrater einem ganz ähnlichen ungefähren Formcyklus unterworfen sei, wie dies beim sekundären Krater nachweislich der Fall ist; freilich mag die durchschnittliche Zeitdauer hierfür ein Jahrhundert oder mehr betragen und das Ganze durch gröfsere Katastrophen modifiziert werden. — Übrigens ist es auch durchaus denkbar, dafs gelegentlich eine noch weitergehende Ineinanderschachtelung von Kratern, also tertiäre, quartäre etc. Krater vorkommen mögen. — Als besondre Bildungen, die zu Zeiten das ganze Landschaftsbild völlig verändert haben müssen, ist aufser dem schon genannten „Halemauman-Kegel“ noch eine grofse, domartige Überwölbung des Sees zu erwähnen, die in Beschreibungen aus den fünfziger Jahren eine Rolle spielt. (Vergl. Sillmans American Journal of Science and Arts. New-Haven. Jahrgänge von 1852—1854.) Wer den Kilauea nur an einem Tage gesehen hat, erhält wegen des Vorherrschens fester Lavafelsbildungen den trügerischen Eindruck einer verhältnismäfsigen Beständigkeit; allein schon eine Beobachtungszeit von wenigen Wochen oder Monaten, oder gar die Betrachtung von Photographien aus früheren Jahren, erweist das gerade Gegenteil. — Was die Beschreibungen der Thätigkeit des Feuersees anbelangt, so findet man wenigstens bei den anscheinend zuverlässigsten eine leidliche Übereinstimmung; es giebt aber auch solche, nach denen es so aussieht, als ob der betreffende Besucher eine im wesentlichen krustenfreie Lavaflut mit ununterbrochener, glühender Oberfläche vorgefunden habe. Die Möglichkeit hierfür zu bestreiten wäre voreilig; aber man hat dabei doch wohl folgendes zu bedenken: Der fragliche Zustand des Sees könnte auf drei denkbare Weisen zustande kommen. Es könnte erstens die chemische Beschaffenheit der Lavaoberfläche und damit auch ihr Strahlungsvermögen wechseln; was wenig wahrscheinlich sein dürfte. Zweitens wäre es denkbar, aber gleichfalls wenig plausibel, dafs die Temperatur der ganzen Lavasäule, also auch der tieferen Schichten, Schwankungen unterliege. Zur Zeit meiner Anwesenheit zeigten die Fontänen, wie auch die Kaskaden, (beispielsweise nach dem er-

wähnten Wallbruche,) eine äufserst lebhafte **Gelbglut**. Wer nun aber gesehen hat, wie schnell sich **ruhige** Lavamassen, selbst sehr hellglühende, an der Luft überkrusten, der kann auch bei der Annahme eigentlicher, höchster Weifsglut an die Möglichkeit eines dauernd krustenfreien Zustandes des Sees nicht so recht glauben. So bliebe nur die dritte Annahme übrig, dafs mitunter die Lavamassen durch Strömungen und hindurchbrechende Gase mit hinreichender Schnelligkeit überall durcheinandergerührt worden seien, so dafs den jeweils oberflächlichen Schichten nirgends Zeit zur Krustenbildung bliebe. Hiergegen läfst sich theoretisch nichts einwenden und dafs ich so etwas nicht zu sehen bekommen habe, beweist nichts gegen die Möglichkeit eines solchen Zustandes. Allein ich mufs gestehen, dafs ich wenigstens für die Mehrzahl der Schilderungen jener Art, mit folgender **psychologischer** Erklärung das Richtige zu treffen glaube. In einer Nacht sah ich gelegentlich 10—12 Fontänen gleichzeitig in Thätigkeit; und unter einer jeden Fontäne wird natürlich die Lavaoberfläche krustenfrei glühend erhalten. Wer nun dieses Schauspiel zum ersten Male erblickt, dessen Aufmerksamkeit wird so ausschliefslich auf jene bei Tage roten und nachts blendend leuchtenden, wallenden und spritzenden Stellen gelenkt, dafs offenbar **sehr** leicht ein unrichtiges Erinnerungsbild und damit eine mangelhafte Beschreibung zu stande kommen kann. In Wahrheit mag vielleicht nur der zehnte Teil oder noch weniger von der Seeoberfläche krustenfrei gewesen sein; da sich aber gerade diese Stellen mit unwiderstehlicher Gewalt dem Gedächtnis eingeprägt haben, so mag dann nachher eine Schilderung entstehen, aus der man entnehmen könnte, als ob etwa umgekehrt nur der zwanzigste Teil überkrustet und alles andere eine einzige, ununterbrochen glühende Flüssigkeitsoberfläche gewesen sei. Wer ferner an sich oder an andern die gewaltige Gemütserregung erfahren hat, die den Ungewohnten beim Besuche eines thätigen Vulkans und besonders des Kilauea fast unvermeidlich befällt, dem wird, wie ich denke, diese meine Deutung der gekennzeichneten Kilaueabeschreibungen, denen auch **sämtliche** mir bekannten Photographien, auch solche aus früheren Jahren, zu widersprechen scheinen, nicht so ganz abenteuerlich vorkommen. Ich bin persönlich überzeugt, dafs meine Vermutung wenigstens für die weitaus meisten Schilderungen jener Art zutrifft; ob für alle, mufs ich dahin gestellt bleiben lassen. Immerhin geht aus einer Anzahl von Beschreibungen, zu der auch die besonders wertvolle Darstellung **Greens** gehört (vergl. dessen oben erwähntes Werk, Bd. II S. 72—74) mit Bestimmtheit hervor, dafs aufser demjenigen Thätigkeitstypus, den ich zu sehen bekam und zu schildern versuchte (und den auch **Green** beschreibt), zu Zeiten noch ein anderer oder wenigstens eine Variante vorkommt. Sie besteht darin, dafs der See abwechselnd ganz überkrustet, so dafs nicht einmal mehr ein glühender Rifs sichtbar bleibt, und dann in eine Art von Paroxysmus gerät. Dabei bricht die feste Decke erst an einer Stelle, dann an mehreren, zuletzt überall auf; eine besonders lebhafte Fontänenthätigkeit beginnt; ein grofser Teil der Schollendecke wird durch abwärts gerichtete Lavastrudel in die Tiefe gezogen; nach einiger Zeit tritt wieder Ruhe ein, der See friert von neuem ganz zu, um dann wieder in Aufregung zu geraten etc.; diese Periodizität soll ziemlich regelmäfsig sein; (wobei aber daran erinnert sein mag, dafs, ich weifs nicht aus welchem Grunde, die Regelmäfsigkeit irgend welcher periodischer Vorgänge, z. B. der meisten Geiserphänomene, der im Text erwähnten Schutteruptionen des Volcano gegen Ende der 80er Jahre etc., ganz gehörig übertrieben zu werden pflegt). Wichtig ist vor allem die Angabe **Greens**, dafs immer während des Paroxysmus der Seespiegel ein wenig sinkt und während der ruhigen Phase steigt. Die Ansicht **Greens**, dafs die bei

der Thätigkeit des Kilauea vorkommenden Gase und Dämpfe, vor allem auch diejenigen, welche die Fontänenthätigkeit zu Wege bringen, ausschliefslich aus der Atmosphäre stammen, aus der sie namentlich durch absteigende Konvektionsströme und mit den luftblasenhaltigen Krustenstücken in die Tiefe geraten sollen, nicht aber aus dem Erdinnern, d. h. den tieferen Schichten der geschmolzenen Lava, halte ich zwar nicht für geradezu bewiesen, aber doch für höchst beachtenswert. Die hierfür sehr wichtige Thatsache, dafs die Schollen, wie schon im Text bemerkt, immer auf die Fontänen zuwandern und dicht bei der Fontäne in die Tiefe gezogen werden, wonach darüber kein Zweifel bestehen kann, dafs sich unter den Fontänen absteigende Konvektionsströme befinden, habe ich bereits erwähnt und hebe sie hier nochmals, als eine Bestätigung der Greenschen Angaben hervor. Leider habe ich zu spät, um es selbst probieren zu können, an Ort und Stelle sagen hören, dafs man eine Fontäne künstlich erzeugen könne, wenn man einen frischen Holzkloben, besonders einen Baumfarnstrunk, in die Lava stecke; spätere Besucher, welche diese Zeilen lesen und den See in einem für solche Versuche geeigneten Zustande vorfinden, mögen doch diesen Versuch nicht unterlassen und auch darauf achten, wie lange eine solche künstlich erzeugte Fontäne in Thätigkeit bleibt; wenn nämlich der Versuch überhaupt gelingt.

Von hervorragend guten Beschreibungen des Kilauea sei hier noch eine frühere von James D. Dana erwähnt in „United States Exploring Expedition 1838—1842“, Vol X (Geology, by J. D. Dana), Philadelphia, C. Sherman, 1849. Ich habe sie erst gelesen, nachdem ich diesen Aufsatz geschrieben hatte; und obwohl damals natürlich der Krater ganz andre Formen zeigte, so stimmt doch die Beschreibung der Thätigkeit des Lavasees mit meinen Eindrücken in den wesentlichen Punkten überein und scheint mir auch sonst besonders gelungen. Das im Text bereits genannte, spätere Werk desselben amerikanischen Forschers enthält mehr Einzelheiten, aber keine so anschauliche Schilderung des Gesamteindrucks. Zur Orientierung des Lesers sei auch noch darauf aufmerksam gemacht, dafs in den englischen Beschreibungen der sekundäre Krater meist als „the lower pit“, d. h. „die tiefere Grube“ bezeichnet wird; der primäre Kraterboden figuriert dort als die „black ledge“, d. h. „der schwarze Rand“; da nämlich früher der sekundäre Krater meist viel gröfser war, so trat der primäre Kraterboden in dem Gesamtbilde einigermafsen zurück und stellte sich bei seiner länglich ringförmigen Gestalt eben als ein den wesentlicheren, sekundären Krater umgebender „schwarzer Rand“ dar. Zur Probe schiebe ich hier eine wörtliche Übersetzung einer Stelle aus der Danaschen Beschreibung vom November 1840 ein: (United States Exploring Expedition, 1838—1842, Vol X, „Geology“ by J. D. Dana, Philadelphia, Sherman, 1849, pag. 171/2): . . . . . . „Natürlich suchte das Auge auf der ganzen Fläche nach so etwas wie vulkanischer Thätigkeit, wie sie gewöhnlich beschrieben wird. Aber alles war sonderbar ruhig. Auf der dunklen Ebene, die den Boden bildet, gab es wenig, was die Aufmerksamkeit auf sich ziehen konnte, aufser der unsäglichen Öde der Gegend, mit Ausnahme einiger Stellen von blutroter Farbe, die in beständiger, wenn auch sanfter Bewegung zu sein schienen. Anstatt ein Meer geschmolzener Lava zu sehen, dafs „seine feurige Brandung und flammenden Wogen auf und ab rollte“ waren wir vielmehr von der Ruhe der Scene überrascht. Die unaufhörliche Bewegung in den blutroten Pfuhlen glich der eines beständig siedenden Kochtopfes. Die Lava in einem jeden von ihnen kochte so lebhaft, dafs sie ein rasches Strahlenspiel an der Oberfläche erzeugte. Einer der Pfuhle, der gröfste der drei damals thätigen, hatte, wie die Vermessung später ergab, einen Durchmesser von 1500 Fufs in der einen und von 1000 Fufs

in der andern Richtung: und diese ganze Fläche, in der das Gebiet des Kapitols zu Washington ganz und gar hätte versinken können, kochte, so weit man von oben sehen konnte, fast mit der Dünnflüssigkeit von Wasser. Aber alles ging ruhig vor sich. Man hörte keinen Laut von den Feuern dort unten. Weifse Dämpfe stiegen in webenden Wölkchen (frei übersetzt; „fleecy wreath“) aus den Pfuhlen und zahlreichen Spalten, ... Als wir später zu der „black ledge“ herabstiegen, konnte man am Rande des „lower pit“ auch nichts weiter hören, als einen halberstickten, gurgelnden Laut von den Lavapfuhlen her. Gelegentlich hörte man etwas gleich einem Gewehrschusse, der verhallte und demselben Murmeln, dem leisen Brodeln („stifled mutterings“) einer kochenden Flüssigkeit wich“ . . . . pag. 176: „So einfach und ruhig war die Thätigkeit der Lua Pele (Pele-Pfuhl, hawaiischer Name für den Vulkan). Und diese Ruhe ist vielleicht furchtbarer und erhabener, als das launische Aufbrausen (fitful heavings) eines Vesuvs.“ — Von der Oberflächenkruste ist hier viel weniger die Rede, als in dem späteren, ausführlicheren Buche, das Dana nach wiederholtem Besuche des Kilauea und anderer Vulkane geschrieben hat.

Schliefslich möchte ich noch darauf hinweisen, dafs es für die dynamische Geologie von gröfstem Interesse wäre, wenn am Kilaueakraterrande ein Observatorium errichtet würde, um regelmäfsige Beobachtungen zu machen. Da ein Gasthaus und gute Verbindung mit der Küste schon besteht, so wäre die Sache ganz gut möglich und nicht einmal so sehr kostspielig. Für Messungen könnte der primäre Kraterrand beim Hôtel, wo sich schon ein trigonometrisches Signal befindet, als Ausgangspunkt benutzt werden. Von Zeit zu Zeit freilich müfste auch dieser auf etwaige Schwankungen untersucht werden. Das Lavaniveau wäre täglich zu beobachten und zu registrieren, wie auch die Angaben der meteorologischen Instrumente; der thätige Teil des Kraters vielleicht wöchentlich zu photographieren; zu Gesamtüberblicken empfiehlt sich der als Uwekahuna bezeichnete höchste Punkt des Kraterrandes im NW., oder auch eine der unmittelbar unter diesem befindlichen Terrassen, von denen auch unser Titelbild aufgenommen ist; diese Stelle dürfte auch dann zu erreichen sein, wenn etwa der Kraterboden aus irgend welchen Gründen unnahbar sein sollte. Das fast immer offene Lavabecken des so leicht zugänglichen ozeanischen Basaltvulkans ist ein ungleich besseres Beobachtungsobjekt und zur Lösung prinzipieller Fragen sicherlich sehr viel geeigneter als irgend ein andrer Vulkan.

Aus der Geschichte der Weltseele.

Von **Kurd Lafswitz.**

(Schlufs.)

III. Zurück zur Weltseele?

Wäre die Naturerkenntnis das einzige Interesse der Menschheit, so hätte mit dem Ende des siebzehnten Jahrhunderts die Weltseele ein für allemal abgedankt werden können. Da aber gerade auf dem psychischen Gebiete der Schwerpunkt des Daseins, nämlich Wert und Zweck des Lebens, liegt, so kann die mechanische Auffassung der Natur nicht mehr verlangen, als dafs sie für die Naturwissenschaft ihre Selbständigkeit behauptet. So wenig sie sich anmafsen darf, zu einer mechanischen Auffassung der Welt sich aufzuwerfen, so wenig darf sie andererseits gestatten, dafs ihr die Weltseele wieder unberechtigterweise in ihr Reich der Notwendigkeit des räumlichen und zeitlichen Geschehens hineinpfusche. Bedürfen dagegen andere Rücksichten der Annahme, dafs die Dinge beseelt seien, so steht ihr hierbei kein Recht des Einspruchs zu, so lange nur die Gesetzlichkeit der Natur nicht von der Willkür der Phantasie gestört wird.

Diese Grenze der mechanischen Naturerklärung wurde nun sogleich durch einen neuen Einbruch der Weltseele in die Herrschaft des Raumes bedroht. Die Prinzipien und Hypothesen von Huygens lieferten zwar eine wissenschaftliche Grundlage der Naturwissenschaft; aber um von ihnen aus noch weiter ins einzelne zu dringen und über die Erscheinungen Rechenschaft zu geben, bedurfte es einer verfeinerten Ausbildung der mathematischen Hilfsmittel. Diese schufen Leibniz und Newton durch die Erfindung der Differentialrechnung. Es kam darauf an, die unendlich kleinen Veränderungen in den räumlichen Ausdehnungen und in den Geschwindigkeiten während eines Zeitmoments in Rechnung zu ziehen, weil nur dadurch das Gesetz der Wechselwirkung der Körper sich unmittelbar mathematisch ausdrücken läfst. Dies leistete die neue Rechnungsmethode. Aber gerade

hiermit verlor sich das Bedürfnis, dem die Hypothese des Weltäthers entsprungen war; dieser sollte ja ein Mittel sein, die Übertragung der Bewegung von Teil zu Teil der Materie zu veranschaulichen. Die vervollkommnete Form der Mathematik gestattete nunmehr, direkt aus einer gegebenen Beziehung zwischen den Körpern die daraus folgende zu entnehmen. Die Bewegungsgesetze konnten in eine Formel zusammengefafst werden; die wirklich stattfindende Bewegung und ihr weiterer Verlauf waren damit ausreichend beschrieben. Das aber ist es, was die Naturwissenschaft verlangt. Die Gesetzlichkeit der Bewegung ist garantiert. Durch Newton war dies wenigstens für die Bewegung der Himmelskörper mit der Entdeckung des Gravitationsgesetzes geleistet. Die Hypothesen über die Wirkungsweise der Schwerkraft büfsten nunmehr an Interesse ein, das mathematische Gesetz genügte den Astronomen.

Freilich blieben zahllose andere Gebiete übrig, in denen ein solches Gesetz noch nicht bekannt war. Hier war eine Hypothese über die Form der Wechselwirkung erforderlich. Da aber trat nun durch Newton eine völlige Veränderung in den Anschauungen ein. Die Wechselwirkung nahm eine neue Gestalt an, sie wurde zur Fernwirkung; und eine merkwürdige Verkettung der Umstände bewirkte so, dafs, nachdem durch die Physik des 17. Jahrhunderts die Weltseele aus der Natur vertrieben war, sie jetzt in einer neuen Form zurückkehrte.

Die chemischen und physischen Erscheinungen, unter ihnen vornehmlich die Festigkeit, Flüssigkeit oder Gasförmigkeit der Stoffe und der Zusammenhang dieser Aggregatzustände mit der Wärme, erforderten zu ihrer Erklärung, dafs man sich über die Wechselwirkung zwischen ihnen eine bestimmte Vorstellung bilde. Die Korpuskulartheorie, welche in der Gestalt und Bewegung der kleinsten Körperteilchen die Ursache der Veränderungen der Körper erblickte, konnte in diesem Falle keine Fortschritte erzielen, die sich mit denen der Astronomie vergleichen liefsen; einerseits, weil das Thatsachenmaterial noch zu wenig messend durchforscht war, andererseits, weil die mathematischen Handhaben fehlten. Nun hatte Newton seinen immensen Erfolg durch die Annahme erreicht, dafs sich die Körper so bewegen, als zögen sie sich mit einer Kraft an, die im direkten Verhältnis zu ihren Massen und im umgekehrten Verhältnis zum Quadrate ihrer Entfernungen stehe. Nichts lag näher, als diese Annahme in passender Weise auf die kleinsten Teilchen der Körper zu übertragen. Es konnte nur die ästhetische Befriedigung über die in der ganzen Natur

herrschende Einheit erhöhen und zugleich die Aussicht auf den Fortschritt der mathematischen Naturwissenschaft fördern, wenn man es als eine Grundeigenschaft der Materie überhaupt betrachtete, dafs die Atome durch anziehende oder auch durch abstofsende Kräfte aufeinander einwirken. So wurde denn unter dem Schutze des ruhmvollen Namens Newton der Begriff der Centralkraft in die Natur eingeführt. Das Gesetz wurde nicht blofs als eine Methode angesehen, die Bewegungen zu beschreiben, sondern als eine in den Atomen selbst steckende physische Ursache, welche durch den leeren Raum hindurch von Teilchen zu Teilchen wirkt.

Die mechanische Erklärung wurde dadurch in eine dynamische verwandelt; an der mathematischen Methode der Naturerklärung brauchte indessen im Grunde nichts geändert zu werden. Das Gesetz blieb ja als die Realität bestehen, auf welcher alles Naturgeschehen beruht; und die Auffassung, dafs jede Veränderung notwendig bedingt ist, wurde nicht dadurch berührt, ob diese Veränderung durch eine den Atomen ursprünglich einwohnende aktuelle Bewegung oder durch eine potenzielle Kraft bewirkt werde. Im Gegenteil bedeutete die Einführung der Newtonschen Fernkräfte einen neuen Fortschritt in der Auffassung der Natur als einer eigenen Gesetzlichkeit, deren Bewegung nicht von dem Leben und der Beseeltheit ihrer Teile abhängig ist. Hier aber traten andere Motive als naturwissenschaftliche dazwischen.

War die Natur ein in sich selbst nach dem eigenen Gesetz der Notwendigkeit ablaufender Mechanismus, so schien es unvermeidlich, dafs die naturwissenschaftliche Welterklärung in Materialismus auslaufen mufste. Wie konnte dann das Gebiet der Freiheit, das sittliche und religiöse Leben noch aufrecht erhalten werden, wenn es nur die blinde Notwendigkeit des Naturgeschehens gab? In der That haben wir ja erst durch Kant gelernt, das Nebeneinanderbestehen von Naturnotwendigkeit und Freiheit wissenschaftlich zu begreifen. Es wurden daher gegen jene neue Methode der Naturerklärung sehr lebhafte religiöse Bedenken rege. Man fragte sich, wie die Gefahr abzuwenden sei, welche dem Glauben an Gott aus der Naturwissenschaft zu drohen schien. Im Interesse der theistischen Weltauffassung lag es, alle Gründe aufzubieten, um das rein mechanische Geschehen als unzureichend für die Naturerklärung zu erweisen und wieder, wie es der Platonismus gethan hatte, eine beseelte, geistige Welt als tieferreichende Realität in das Naturgeschehen hineinzudeuten. In England, wo der Orthodoxismus mit der Gedankenwelt der Forscher am innigsten ver-

bunden war und daher theologische Beweggründe am stärksten wirkten, zeigten sich die Bestrebungen am lebhaftesten und entschiedensten, die Materie hylozoistisch, d. h. als beseelt und lebend, aufzufassen.

Hier vertrat Franois Glisson (1597—1677) einen ausgeprägten Hylozoismus, indem er annahm, dafs die Naturerscheinungen aus der gegenseitigen Durchdringung lebender Substanzen, die sich ihrer Bewegung bewufst sind, zu erklären seien; er nannte dies die „energetische Natur“ der materiellen Teile, derzufolge sie sich ausdehnen, zusammenziehen und bewegen können. Die Willkür, welche in seiner Annahme lag, machte es jedoch unmöglich, von dieser Beseelung der Teile aus zu einer exakten Naturerklärung zu gelangen, und somit wurde dieser Standpunkt der mechanischen Auffassung weniger gefährlich, weil er einer solchen zu wenig entgegenzusetzen hatte. Viel bedenklicher wurde eine andere Lehre, die Philosophie Henry Mores (1614—1687), weil sie die Berechtigung der mechanischen Theorie bis zu einem gewissen Punkte anerkannte, die Bewegungsgesetze und die atomistische Grundauffassung der Materie bestehen liefs und nur darüber hinaus die Wechselwirkung auf ein geistiges Wesen zurückführen wollte. Nach More besteht die Körperwelt aus unendlich kleinen, undurchdringlichen, sich berührenden und beweglichen Atomen, die er physische Monaden nennt. Aber diese Atome sind nicht blofs alles Lebens und aller Empfindung, sondern auch jeder selbständigen Bewegung bar. Alle Bewegung rührt allein von der geistigen Substanz, dem „hylarchischen Prinzip“ her, welches immateriell ist, Leben besitzt, jedoch kein bewufstes Denken, und sich spontan, von innen heraus, bewegen kann. Das gemeinsame Band, wodurch dieses hylarchische Prinzip oder dieser mit einem plastischen Vermögen begabte „Spiritus naturae“ auf die leblosen Atome wirkt, ist nun der Raum. Denn auch jener immaterielle Spiritus ist ausgedehnt, besitzt jedoch nicht, wie die Körper, Undurchdringlichkeit seiner Teile, wobei es freilich schwer ist, sich eine „immaterielle Ausdehnung“ vorzustellen. Die Teile dieses Spiritus, die Geister, erfreuen sich der Freiheit, sich nach Belieben auszudehnen oder zusammenzuziehen; die Anwesenheit eines solchen oder mehrerer Geister im Raume hindert nicht die Aufnahme eines Körpers, was More die „vierte Dimension“ nennt. Die Geister schalten und walten hier zum Besten der Naturordnung. So hat sich More eine zweite Welt hinter der physischen Natur konstruiert, in der er nun freilich vor sich gehen lassen kann, was er will. Alles, was physikalisch nicht erklärbar scheint, wird

einfach in diese ätherische Geisterwelt hineinverlegt, und damit mufs man sich beruhigen.

Trotzdem hat die Sache eine Art theoretischen Anstrichs. Die Geister sind ausgedehnt, sind Teile des Raumes und besitzen somit eine gemeinsame Einheit, indem sie die Gesamtheit des unendlichen Raumes erfüllen. Dieser Weltraum ist also ein unendlicher Geist, der alle endlichen Geister umschliefst und durch sie die Körper bewegt; er ist Gott. Mit dieser Vorstellung erhält die Philosophie Mores ein Gepräge, das sie als eine Vermittelung zwischen Naturwissenschaft und religiösem Glauben erscheinen läfst. Man wird an neuere spiritistische, ganz ähnlich zugestutzte Theorien erinnert, die ja auch den Beifall einzelner Naturforscher gefunden haben.

Von diesen Anschauungen Mores aus wurde nun Newton beeinflufst; und so zeigte sich das seltsame Schauspiel, wie ein theologisches Motiv es bewirkte, dafs durch Newtons Autorität ein neues physikalisches Erklärungsmittel in die Naturwissenschaft eingeführt wurde, die oben erwähnte unvermittelte Wirkung in die Ferne.

Es ist keine Frage, dafs Newton selbst die Hypothese der unvermittelten Fernwirkung gebilligt hat und sie nicht blofs, wie behauptet worden ist, bei seinen Schülern duldete. Der zweiten Auflage seines grundlegenden Werkes „Mathematische Prinzipien der Naturlehre“ liefs er eine längere Vorrede seines Freundes Roger Cotes vorangehen, in welcher die Schwere geradezu eine „einfachste“ Ursache genannt ist, von der eine weitere mechanische Erklärung nicht mehr gegeben werden könne. Dafs dies Newtons eigener Ansicht entsprach, ist nicht zu widerlegen. Allerdings hatte Newton es unentschieden gelassen, ob vielleicht die Schwere noch auf eine andere Grundkraft zurückzuführen sei, nämlich auf die Elastizität eines den Weltraum erfüllenden Äthers. Aber diese Hypothese, die er übrigens nie recht ernst genommen hat, widerspricht nicht der Ansicht, dafs, wenngleich vielleicht noch die Schwere, so doch keineswegs die Fernwirkung überhaupt, und auf diese nur kommt es an, mechanisch zu erklären sei. Denn jener elastische Äther übt seine Wirkung nicht durch Druck oder Stofs, sondern durch abstofsende, also fernwirkende Zentralkräfte, die in den Atomen ihren Sitz haben. Das Prinzip der Bewegung bleibt also ein übermechanisches, und in einem Briefe an Bentley erkennt Newton ausdrücklich an, dafs man die Attraktion in dem ganz allgemeinen Sinne jeder fernwirkenden Kraft verstehen könne.

In diesem Briefe an Bentley findet sich auch die viel zitierte

Stelle, welche irrtümlich dahin gedeutet worden ist, dafs Newton eine fernwirkende Kraft überhaupt für absurd gehalten habe. Sie lautet: „Dafs Schwere eine ursprüngliche, inhärente und wesentliche Eigenschaft der Materie sein sollte, so dafs ein Körper auf einen anderen in der Entfernung durch den leeren Raum ohne anderweitige Vermittlung wirke, ohne etwas, wodurch seine Wirkung und Kraft übertragen werde, das erscheint mir als eine so grofse Absurdität, dafs ich glaube, niemand, der in philosophischen Dingen ein kompetentes Urteil habe, könne darauf verfallen.“

Aus diesen Worten sind wir, die wir innerhalb der mechanischen Naturauffassung stehen und keine anderen Wirkungen als mechanische in der Naturerklärung zulassen, natürlich gezwungen zu schliefsen, Newton habe sagen wollen, die Attraktion sei mechanisch zu erklären. Er wollte aber sagen: Die Attraktion ist nicht mechanisch zu erklären, und deshalb darf man sie nicht für eine ursprüngliche Eigenschaft der Materie halten. Der Ton liegt auf dem Wort Materie. Die Thatsache der unvermittelten Attraktion steht für Newton sicher; Materie als „unbeseelter, roher Stoff“, kann nicht in die Ferne wirken; also mufs die Attraktion auf einem nicht-materiellen Prinzip beruhen, auf einem immateriellen Wesen geistiger Art. Das ist der Schluss, den Newton zog.

Und wo und wie wirkt die Attraktion? Im Raume. Überall ist sie gegenwärtig. Durch keinen Körper läfst sie sich absperren, sie durchdringt die Körper, sie ist mit ihnen zugleich im Raume. Sie wirkt nicht wie Körper in der Berührung, denn für die Berührung wäre die Oberfläche mafsgebend; sie wirkt proportional der Masse, also nach Mafsgabe des ganzen vom Körper erfüllten Raumes. Sie ist immateriell und doch im Raume, kein Körper, und doch Körper bewegend — also wirkt sie wie ein den Raum durchdringender und erfüllender Geist. Und sie wirkt durch den ganzen unendlichen Raum in unendliche Ferne; also ist sie Wirkung des unendlichen Geistes, der die Einheit der gesamten Welt durch seine Thätigkeit umfafst und ordnet. Attraktion, Fernwirkung, Raum, Gott als Weltseele, das sind nur verschiedene Ausdrücke für denselben Gedanken: das Prinzip der Wechselwirkung. Das ist Mores Philosophie im Newtonschen Gewande.

Newton war ein streng kirchlich gesinnter Mann; nichts konnte ihm willkommener sein als ein Ausweg, die mathematische Naturauffassung, die er durch seine Lebensarbeit wie wenig andere gefördert hatte, vor dem dogmatischen Materialismus zu bewahren, der sich aus

ihr mit Notwendigkeit zu ergeben schien. Und er war eine mystiech angelegte Natur, wie die Richtung eeiner Studien in eeinen letzten Lebensjahren zeigt. So iet es zu verstehen, dafe ihm der Gedanke behagte: Die Wechselwirkung der Körper beruht im letzten Grunde auf einer geietigen Natur dee Raumes, in welcher die weltordnende Macht des Schöpfers eelbst ale Weltseele zur Geltung kommt.

So hat denn die Weltseele triumphiert über das mechanieche Gesetz. Und eo hätte Plato Recht behalten, wenn er ein geistiges Prinzip als das Mittel erklärte, wodurch die Wecheelwirkung der sinnlichen Erscheinungen allein zu verstehen eei? Dann gähe ee in der That keine naturwiesenechaftliche Erkenntnie der Dinge, und nur wahrscheinliche Vermutung wäre geetattet über die Realität der Empfindung, nicht eine Wissenschaft, sondern ein geziemendes und verständiges Spiel? Dann wäre die Arbeit des siebzehnten Jahrhunderts nur ein eolches Spiel geweeen?

So liegt die Sache doch nicht, und das war auch Newtons Meinung keineswegs. Der Mann, der das stolze Wort sprach, „Hypothesen ersinne ich nicht", konnte unmöglich eein eigenes Werk durch eine Hypothese vernichten wollen, welche die Naturerkenntnie aufhob. Nicht in einem Kreise führt die neue Auffassung der Weltseele zur alten zurück, nein, wie in einer Schrauhenlinie hat sich das Verständnie der Natur auf eine weitere Stufe erhoben. Von hier vermag es auf eeine eigene Bahn zurückzuschauen und zu erkennen, dafs diese Bahn zwar aus der Macht des Bewufetseine nicht hinausführt, aber innerhalb derselhen durch ihr eigenes Gesetz bestimmt ist. Die Weltseele, welche im letzten Grunde die Wechselwirkung hedingen soll, ist allerdings kein Gegenstand der Erkenntnis; aber sie eoll es und braucht es auch nicht zu sein. Sie ist ein Gegenstand des Glaubens, und alle Realität beruht zuletzt auf einem Glauben, auf einer inneren Gewifsheit des Gefühls; denn alles, was die Erkenntnie zu leisten vermag, iet Widerspruchslosigkeit ihree Inhalts; dafs aher nur die Widerspruchslosigkeit une zu hefriedigen, une Sicherheit im eigenen Bewufetsein zu geben vermag, das ist eine ursprüngliche Realität, die nicht wieder aus der Erkenntnis stammt; dafe die Naturgesetze widerspruchslos eein müssen, das glauben wir. Und nur insoweit wird, selhet in der Newtonechen Auffassung der Wechselwirkung, der Glauhe in Anspruch genommen. Die Weltseele als Bedingung der Wechselwirkung bedeutet jetzt nur: dafs es Naturgesetze giebt; das ist eine Realität von jener Ordnung, zu der auch unser eigenee Bewufstsein gehört. Aber es giebt Naturgesetze. Dies ist

der Schritt, welchen das moderne Bewufstsein in der Zeit von Galilei bis Newton über Plato hinausgethan hat; das ist die Sicherung der Naturwissenschaft.

Newton sah als Mensch und gläubiger Christ in der Natur ein Mittel für die Zwecke Gottes. Aber als der Mathematiker und Physiker, als welcher er zu den unsterblichen Begründern der Naturwissenschaft gehört, sah er in der Natur das von Gott geordnete Gebiet einer undurchbrechlichen Gesetzlichkeit, und in der Erfahrung und Rechnung das Mittel, diese Gesetzlichkeit in das Bewufstsein der Menschheit zu heben. Die Natur hat in der Übertragung der Bewegung nach mathematisch formulierbaren Gesetzen ihre eigene Realität; nur aus dieser ist sie zu erkennen, nicht aus Hypothesen über die Wechselwirkung, sei es durch Ätherstöfse oder Fernwirkung, sei es durch eine Weltseele. Darüber wollte Newton keine Hypothesen bilden, weil die Aufgabe der Naturwissenschaft allein darin besteht, den Stoff der sinnlichen Erfahrung in der Form des Gesetzes zum allgemeingiltigen Objekt, zum Gegenstand der Erkenntnis zu machen. Physik wollte er, keine Metaphysik, sofern es sich um Naturwissenschaft handelt. Aber wo er nicht Naturforscher ist, sondern Mensch, da kann das Erkennen nicht genügen, da fühlt er auch, und da glaubt er an die göttliche Macht, die in den Dingen waltet. Doch nicht in der Art Platos. Die Weltseele bewegt nicht mehr die Körper. Die Körper bewegen sich selbst. Dies ist der Unterschied: Die Realitäten sind gesondert. Die Natur ist selbständig. Das Gesetz der Wechselwirkung ist ein mathematisches Gesetz in den Dingen selbst. Was wir darüber hinaus von der Wechselwirkung glauben, geht die Naturwissenschaft nichts an.

Diesen Standpunkt hat Newton in seinen naturwissenschaftlichen Schriften überall streng innegehalten. Er hat durch sein Forschen und seinen Glauben damit nach einem Prinzip gehandelt, das hundert Jahre nach ihm Immanuel Kant der Menschheit zum klaren Bewufstsein gebracht hat als die Methode, wodurch Kultur überhaupt möglich wird, weil sie Grenzen und Rechte bestimmt für Erkenntnis und Glauben. In Raum und Zeit herrscht die Notwendigkeit des Gesetzes, unberührbar von unserem Wollen und Fühlen, und soweit reicht Erkenntnis; aber wo Erkenntnis nicht mehr hinreicht, ist Freiheit; und um dieser Freiheit willen ist der Mensch.

Ursprünglich sollte die Bewegung durch die Weltseele erklärt werden. Als die mechanische Naturauffassung im siebzehnten Jahrhundert ihre wissenschaftliche Festigkeit erhielt, schien es, als sei nun

die Bewegung die einzige Realität, als gäbe es nur Natur; die mechanische Naturauffassung wurde zur naturalistischen Weltansicht, zum Materialismus; jetzt sollte die Weltseele, d. h. die Thatsache des Bewufstseins, durch die Bewegung erklärt werden. Aber auch dies ist nicht möglich. Aus der seelenlosen Mechanik der Atome kann kein Bewufstsein entspringen. Es bleibt nur übrig, dafs beide, Bewegung und Empfindung, Naturgeschehen und Einheit des Bewufstseins, in derselben Thatsache gegeben sind, in der Realität des Gesetzes, dafs sich Bestimmungen, Ordnungen, Synthesen in Raum und Zeit vollziehen, und dafs dieselben Bestimmungen und Synthesen ihrer Realität sich bewufst sind. Das ist der Gesichtspunkt, von welchem aus sich die spiritualistische wie die materialistische Weltauffassung überwinden läfst. Das naive Bewufstsein kennt nicht die Trennung der unbewufsten Natur von dem bewufsten Geiste; aber es kennt damit auch nicht die Gesetzlichkeit der Natur und den Weg zu ihrer Beherrschung. Diese Trennung mufste von der Wissenschaft erst vollzogen werden, um in der Natur ein Gebiet zu gewinnen, in welchem Erkenntnis möglich ist, und daraus zu lernen, dafs diese Natur von der Erkenntnis abhängt. So ergiebt sich die Natur als eine unzählige Mannigfaltigkeit in einander greifender Systeme, in denen sich gesetzmäfsig der Inhalt gestaltet, so dafs wir zugleich den Inhalt erleben und das Gesetz erkennen.

Jene Systeme und Systeme von Systemen bezeichnen wir als Körper, ob sie nun im speziellen Atome, Molekeln, Stoffe, Planeten, Sonnensysteme, Organismen, Pflanzen, Tiere oder Menschen heifsen. Sie bestimmen sich gegenseitig als Einheiten, und in diesen Einheiten liegt es, dafs die Natur sich selbst erleben kann, während die gesetzliche Bestimmtheit der Natur dadurch nicht geändert wird.

Alles dies könnte mechanisch ganz ebenso vor sich gehen, ohne dafs bewufste Wesen existierten, ohne dafs irgend etwas da wäre, was man Seele oder Geist nennt. Innerhalb der Natur liegt zu letzterem keine Nötigung vor. Die reale Einheit der Systeme ist durch das Gesetz bedingt, wodurch ihre Teile gegenseitig auf einander bezogen werden. Die Molekeln führen ihre Schwingungen aus, die Energie der Raumteile vollbringt ihren ewigen Wandel, die komplizierten Energiegefüge der Zellen bauen sich zu Organismen auf; im Nervensystem der Tiere, im Gehirn der Menschen gestaltet sich ein Mechanismus, der die fernsten Wirkungen in Raum und Zeit verbindet und aufspeichert, der in der Wechselwirkung der Gehirne jenes umfassende System herstellt, das wir die Kulturentwicklung der Menschheit nennen.

Das ist die Auffassung der Welt, in welcher sie uns theoretisch als Naturerkenntnis zugänglich ist.

Aber dieses Geschehen in Raum und Zeit besteht nicht blofs in der Einheit des Gesetzes, sondern auch als erlebte Einheit im Bewufstsein individueller Geister. Es ist nämlich unter jenen Systemen eines, von dem ich die unmittelbare Erfahrung habe, dafs jene Zusammenhänge in ihrer Einheit erlebt werden, dafs sie den Charakter der Bewufstheit besitzen. Dieses System ist mein Leib. Alles, was mit diesem in gesetzliche Beziehung tritt, wird erlebt als mein Ich. Daher weifs ich, dafs es Einheiten giebt, in denen die Natur sich selbst erlebt, und daher ist der Begriff einer Weltseele zum mindesten der Natur nicht widersprechend. Nur freilich, wie weit dieses Selbsterleben sich ausdehnt, das weifs ich nicht. Ich mufs annehmen, dafs überall, wo dieselben Einheitsbeziehungen bestehen, auch dieselben Erlebnisse sich einstellen, und ich darf daher erwarten, dafs, je näher eine Organisation der meinigen steht, um so ähnlicher auch ihre Seele, ihr Erlebnis, dem meinigen ist. Bis wohin diese Ähnlichkeit sich erstreckt, läfst sich nur aus dem Verhalten der Systeme schliefsen. Wenn aber Gründe sich finden sollten, weshalb ich jeder Einheitsbeziehung in der Natur Bewufstheit zuschreiben zu müssen glaubte, so hindert mich nichts daran. Ein menschenähnliches Bewufstsein werden wir nur dort voraussetzen, wo ähnliche gesetzmäfsige Systeme vorhanden sind, also Nervensysteme und Gehirne wie bei uns; denn die Erfahrung lehrt, dafs die Einheit unseres Ich nur erlebt wird, insofern die Einheit des Gehirns intakt ist.

Prinzipiell jedoch darf man annehmen, dafs überall, wo einheitliche Systeme in der Natur existieren, auch diese Einheiten sich erleben. Nicht nur die Tiere und Pflanzen mögen daher individuelles Bewufstsein besitzen, ebenso wie jede Zelle, auch die Planeten und Sonnensysteme können bewufste Wesen sein, ja selbst jede einfachste physische Wechselwirkung, insofern die Einheit des gesetzlichen Zusammenhangs ihrer Teile vorhanden ist, braucht vom Selbsterlebnis nicht ausgeschlossen zu sein. Entsprechend der komplizierten Wechselwirkung einfacher Systeme in immer höheren Systemen kann man sich auch die Grade des Bewufstseins und die Mannigfaltigkeit des Erlebnisses in unzähligen Stufen geordnet denken.

Das „Erleben“ ist somit aufzufassen als die Wechselwirkung selbst, die an einem System im Zusammenhang mit andern stattfindet. Ich erfahre es nur an dem System, das mein Leib bildet, und zwar erfahre ich es als die Thatsache, dafs Veränderungen in dem Zustande

vor sich gehen, den ich mein Ich, mein eigenes Bewufstsein nenne. Insofern ist Bewufstsein die einzige Form der Existenz, die wir kennen; denn alle Veränderungen der Dinge können wir allein durch solche Angaben beschreiben, wie sie in unserm Bewufstsein enthalten sind, aus Anschauungen des Raumes und der Zeit, Begriffen der Gröfse, der Qualität, der Abhängigkeit, Empfindungen der Härte, der Farbe, der Wärme u. s. w. Aus diesen Daten des Bewufstseins erst sondert sich im Verlauf der Erfahrung des Einzelnen und im Verlauf der Geschichte des menschlichen Denkens eine Gruppe, ein System von Thatsachen heraus, die wir die Natur nennen, weil sie eine Gesetzlichkeit für sich bildet.

Dadurch tritt Natur als eine Realität besonderer Art derjenigen Realität gegenüber, die in unserm Ich als gesetzlich unbestimmt, oder wenigstens für uns nicht bestimmbar, übrig bleibt, und die wir als unser Gefühl bezeichnen. Das Gefühl unterscheidet uns als individuelle Geister innerhalb des Gesamtzusammenhangs der Welt. So trennt sich also innerhalb des Bewufstseins erst das gesetzliche Geschehen der Natur von dem subjektiven Gefühl, und erst in diesem Gegensatze, in welchen das Erlebnis sich spaltet, zeigt sich der gesetzliche Inhalt in Raum und Zeit als Körperwelt neben und zusammen mit jenem Gebiete, das als Vorstellungswelt und Seele seine individuelle Beschaffenheit beibehält. Aber so wenig wir aufhören, Bewufstsein zu haben, weil wir einen Körper besitzen, ebensowenig brauchen wir andern räumlich-zeitlichen Einheiten die Seele abzusprechen. Nur dürfen wir mit diesem Zugeständnis keinen Mifsbrauch treiben. Wir dürfen nie vergessen, dafs wir aus der Annahme einer Beseelung der Natur absolut keine wissenschaftliche Erklärung der Natur gewinnen können. Denn alles, was die Erkenntnis zu leisten vermag, leistet sie lediglich unter der Voraussetzung der widerspruchslosen Gesetzlichkeit, und diese ist allein in der räumlich-zeitlichen Wechselwirkung anzutreffen. Diese ist ja eben deswegen als Natur vom seelischen Erlebnis abgesondert worden. Es können immer nur andere als naturwissenschaftliche Rücksichten sein, die den Gedanken einer Weltseele nahezulegen vermögen.

Einheitliche Systeme der Natur, wie Molekeln, Organismen, Planeten, mit Bewufstsein begabt zu denken, mag ein berechtigter Analogieschlufs sein. Dann müssen wir uns diese Systeme auch stets als individuelle Seelenwesen vorstellen. Es liegt ja im Begriff des Individuums, dafs es nur durch die Wechselwirkung mit andern Individuen existiert, sowohl als physisches System wie als damit iden-

tische psychische Einheit. Dürfen wir nun diesen Schlufs auch auf das Ganze der Welt übertragen? Dürfen wir von einer Weltseele sprechen in dem Sinne, dafs es ein Bewufstsein des Universums giebt?

Das ist eine Frage, deren Beantwortung unmöglich ist, weil schon die Voraussetzung der Totalität des Weltalls jede Erfahrung übersteigt. Die Grenzen, innerhalb deren unsere Begriffe Recht und Geltung besitzen, sind überschritten, weil sie durch keine Anschauung mehr bestätigt werden können. Die Frage kann nur noch so gestellt werden: Giebt es Interessen der Menschheit, welche den Glauben an eine Weltseele erfordern? Solche Interessen könnten Motive des Willens oder des Gefühls sein. Ihnen nachzugehen soll hier nicht meine Aufgabe sein. Diesen Fragen ist überhaupt nicht beizukommen, indem man von der Natur ausgeht und sie zum Universum erweitert; denn dann bleibt man immer in den Grenzen von Raum, Zeit und Notwendigkeit. Dann besteht jeder Schritt nur darin, dafs man weifs, dies mufs so sein, weil jenes ist, und jenes wieder, weil ein anderes ist, jeder Zustand ist bedingt durch einen anderen; man gelangt stets auf einen unendlichen Prozefs, der zuletzt ins Unbestimmte verschwimmt. Alles was ist, ist dann zwar bestimmt durch ein anderes, aber dafs überhaupt etwas ist, bleibt vom Standpunkte der Naturerfahrung aus ein Zufall.

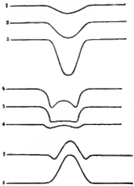
Dafs überhaupt etwas ist, wissen wir nicht aus der Erkenntnis, sondern aus dem Selbstgefühl, dafs wir selbst sind. Und nur von hier aus können wir den unverrückbaren Standpunkt gewinnen, von dem aus das Ganze der Natur jetzt als das Mittel erscheint zu dem Zwecke, dafs überhaupt etwas sein soll, nämlich Verwirklichung des Guten durch die Freiheit sittlicher Persönlichkeiten. Nur von dem Weltzweck aus, der in der Forderung des Sittengesetzes gegeben ist, könnte man fragen, ob die Weltseele nötig sei zu vermitteln zwischen der Idee des Guten und der Natur, wie einst Plato es glaubte. Und dann könnte man doch das Wort „Weltseele" nur verstehen als Symbol eines Vernunftgesetzes, als eine Versinnbildlichung unseres Glaubens an den Willen Gottes, in welchem Gesetz und Freiheit zusammenfallen.

Untersuchungen über die Spektra der helleren Sterne, welche Prof. Scheiner an den zum Zwecke der Bewegungsbestimmungen in Potsdam photographisch aufgenommenen Platten angestellt hat, haben, wie die kürzlich erfolgte Veröffentlichung im VII. Bande der Potsdamer Publikationen zeigt, in mehrfacher Hinsicht zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt, obgleich der Bereich der Aufnahmen nur ein beschränkter war, und das Studium der Spektra selbst bei den Justierungen des Aufnahme-Apparates erst in zweiter Linie berücksichtigt werden durfte.

Was zunächst die photographischen Spektra vom sogenannten ersten Typus[1]) betrifft, so sind die diesen Typus charakterisierenden breiten Wasserstofflinien bei den verschiedenen untersuchten Sternen deutlich verschieden breit und intensiv; namentlich erweist sich die Intensitätsverteilung innerhalb der Linie sehr schwankend, sofern dieselbe bald mehr, bald weniger verwaschen, bald im Inneren gleichmäfsig dunkel oder aber in der Mitte deutlich aufgehellt erscheint. Alle diese Verschiedenheiten und zugleich auch das bei einigen wenigen Sternen (Typus Ic) beobachtete Auftreten heller Wasserstofflinien erklärt Scheiner in höchst plausibler Weise durch die Übereinanderlagerung der Spektra des eigentlichen Sternes und seiner mehr oder minder ausgedehnten Atmosphäre. Der Kern erzeugt das kontinuierliche Spektrum mit den durch Absorption in der kühleren Gashülle entstandenen dunklen Linien, die diesen Kern umgebende Atmosphäre allein aber leuchtet da, wo sie nicht den heifseren Kern zum Hintergrunde hat, mit einem aus einzelnen, hellen Linien bestehenden Emissionsspektrum. Wären wir nun den Fixsternen nahe genug, so würden wir beide Spektra ohne weiteres von einander unterscheiden, da indessen wegen der grofsen Entfernung der Gesamtstern uns nur als Punkt erscheint, so lagern sich das Absorptions- und das Emissions-

[1]) Vergl. auch die von uns bereits Bd. II, S. 433 ff. gemachten Mitteilungen.

spektrum übereinander, und es hängt wesentlich von der Ausdehnung der Wasserstoffatmosphäre ab, ob wir eine helle Linie[2] erhalten können, oder ob die dunkle Wasserstofflinie nur mehr oder minder durch das Emissionsspektrum im Inneren aufgehellt erscheint. Scheiner zeichnete auf Grund dieser Überlegungen die hier wiedergegebenen Intensitätskurven, welche sich sämtlich auf den von ihm untersuchten Platten verwirklicht fanden. So wurde z. B. bei γ Cassiopejae deutlich die Intensitätskurve No. 7 festgestellt, bei der die kleinen rechts und links gelegenen Vertiefungen von der breiten, dunklen Absorptionslinie herrühren, deren mittlere Teile durch das Überwiegen der wegen des geringeren Druckes schmaleren atmosphärischen Emissionslinie sich nicht bemerkbar machen, obgleich natürlich die Intensität der hellen Linie etwas herabgedrückt ist. Kurve 5 wurde z. B. bei α Aquilae und η Ursae majoris, Kurve 6 bei ζ Orionis festgestellt, während der intensive, gar nicht aufgehellte und nach dem Rande zu gleichmäfsig schwächer werdende Typus der Hγ-Linie am besten bei Vega vertreten ist.



Die Spektra von α Aquilae und β Cassiopejae sind noch dadurch besonders interessant, dafs aufser den breiten Wasserstoff- und Magnesiumlinien auch die meisten Linien unserer Sonne schwach vorhanden sind, was entweder dadurch erklärbar ist, dafs diese Sterne sich in einem Übergangsstadium zum zweiten (Sonnen-) Typus befinden, oder aber durch die Annahme so enger Duplizität dieser Sterne, dafs die dem ersten und zweiten Typus angehörenden Komponenten uns einfach erscheinen und darum übereinandergelagerte Spektra liefern. — Einen Übergang zum zweiten Typus zeigt aufserdem das linienreiche Spektrum des Prokyon. Im übrigen weisen in den linienreichen Spektren des ersten Typus die Eisenlinien vielfach andere Intensitätsverhältnisse auf, als auf der Sonne; es scheinen demnach die Intensitäten der Linien in so hohem Grade von den Temperaturverschieden-

[2]) Eine zweite Möglichkeit, wie eine helle Wasserstofflinie entstehen könnte, wäre durch höhere Temperatur der Gashülle gegeben, doch widerspräche die Annahme einer solchen Temperaturzunahme nach aufsen gänzlich unseren physikalischen Begriffen.

heiten abhängig zu sein, dafs bezüglich der Identifizierung von Linien in Sternspektren mit solchen bekannter Elemente auf die Intensität nur wenig Rücksicht zu nehmen ist.

Eine besondere Unterabteilung (Ib) des ersten Typus bilden noch diejenigen Spektra, bei denen die Wasserstofflinien und die wenigen Metalllinien nahezu gleich breit und scharf begrenzt sind. Bei den Sternen dieser Gruppe sind vermutlich die Atmosphären stark abgekühlt, so dafs wegen der stärkeren Absorption im Inneren der Linien bis hart an den Rand hin eine Lichtwirkung auf die Platte nicht erfolgen kann.

Die Spektra vom Typus IIa, als deren Repräsentant das von Arktur gelten kann, sind mit dem Sonnenspektrum fast identisch. Bei zahlreichen Sternen konnte jedoch schon ein Übergang zum dritten Typus festgestellt werden, indem die Linien verwaschener erscheinen und Neigung zur Bänderbildung hervortritt, vor allem aber dadurch, dafs von G ab sehr starke allgemeine Absorption eintritt, so dafs die Spektra an dieser Stelle oft wie abgeschnitten erscheinen. Hierher gehörige Übergangssterne sind u. a: γ Leonis, α Tauri, α und β Ursae min., β und γ Andromedae, α Ursae maj.

Als Repräsentant der Sterne vom dritten Typus ist α Orionis am bekanntesten. In dem photographisch aufgenommenen Teile des Spektrums dieses Sternes treten indessen die für Okularbeobachtung so charakteristischen Absorptionsbänder nicht mehr auf wohl aber erscheinen die Linien deutlich einseitig verwaschen.

Ein ganz eigenartiges Spektrum, bei welchem die Linien in Bezug auf Intensität vom Sonnenspektrum stark abweichen, ohne dafs eine Annäherung an den dritten Typus vorhanden ist, zeigt der dem zweiten Typus angehörige Stern α Persei. Die meisten der dem Sonnenspektrum fehlenden Linien dieses Sternes finden sich auch im Spektrum des Sternes α Cygni vom Typus Ib. Demnach glaubt Scheiner in α Persei das Beispiel eines direkten Übergangs von Ib zu IIa gefunden zu haben.

In den „Schlufsbetrachtungen“ seines Werkes spricht Scheiner aus, dafs nach seiner Ansicht die durch Vogels Klassifikation gegebene Entwickelungsgeschichte der Fixsterne zur Erklärung sämtlicher Beobachtungsergebnisse durchaus ausreiche, und dafs man nicht nötig habe, zu den an sich ja möglichen, aber doch recht unwahrscheinlichen Annahmen von A. Schmidt[3]) zu greifen. Auch sei es

[3]) Vergl. Bd. IV S. 329 u. Bd. V S. 578.

noch nicht an der Zeit, bei astrophysikalischen Untersuchungen die Giltigkeit des Kirchhoffschen Satzes[1]) zu bezweifeln, wenngleich neuere, physikalische Versuche es wahrscheinlich machen, dafs an Stelle des Begriffs der Temperatur als der die Emission bedingenden Gröfse irgend ein anderer, umfassenderer Begriff gesetzt werden mufs.

Das kontinuierliche Spektrum der Fixsterne kann nach Scheiner nicht ausschliefslich durch den hohen Druck der Gase im Innern der Sterne zu stande kommen, da in diesem Falle Linien von viel stärkerer Verwaschenheit beobachtet werden müfsten. Vielmehr scheint das kontinuierliche Spektrum von einer cirruswolkenartigen Kondensationsschicht, welche die glühende Gaskugel umhüllt, auszugehen, oberhalb welcher dann noch die absorbierenden, kühleren Gasschichten von sehr geringer Dichtigkeit liegen, welche die dunklen Linien erzeugen. Der Übergang der einzelnen den Spektraltypen entsprechenden Entwickelungsphasen eines Fixsternes würde sich dann also etwa folgendermafsen vollziehen: Anfangs ist eine sehr ausgedehnte Wasserstoffatmosphäre vorhanden, während die übrigen Metallgase so weit innerhalb der Photosphäre liegen, dafs sie aus dem weifsen Photosphärenlicht noch keine Strahlen absorbieren können. Bei vorschreitender Abkühlung des Gestirns wird nun der Temperaturabfall von der Photosphäre bis zur äufsersten Grenze der Atmosphäre ein so schroffer, dafs auch Schichten, die noch Metallgase enthalten, wesentlich niedrigere Temperatur als die Photosphäre haben und darum dunkle Metalllinien erzeugen. Bei dem weiteren Übergang vom zweiten zum dritten Spektraltypus wird die Temperatur der absorbierenden Schichten schon der des elektrischen Lichtbogens vergleichbar, so dafs sich daselbst auch chemische Verbindungen bilden können, die sich uns in den charakteristischen, breiten und einseitig verwaschenen Absorptionsbändern der Sterne vom dritten Typus zu erkennen geben.

F. Kbr.

Aus der Welt Jupiters. — Augenblicklich der hellste Stern des Himmels und der Beobachtung äufserst günstig, weil er 16 Stunden über unserm Horizonte bleibt, hat Jupiter wieder eine Reihe von interessanten Details auf seiner Oberfläche erkennen lassen. Das ausgeprägteste Gebilde seiner Oberfläche ist der grofse rote Fleck der

[1]) Derselbe besagt unter anderem, dafs die Emission irgend einer Strahlengattung für einen bestimmten Körper lediglich eine Funktion der Temperatur ist.

südlichen Halbkugel, welcher an Länge den Erdäquator etwas übertrifft und an Breite die längste Ausdehnung des amerikanischen Kontinents hinter sich läfst und mit seiner Oberfläche drei Viertel der irdischen decken würde. Zu seiner Beobachtung sind kleinere Instrumente von genügender Präzision sehr wohl geeignet. Die erste der beifolgenden Abbildungen zeigt das in diesem Jahre sehr bestimmte Gebilde, wie es A. Henderson mit einem $10^1/_2$-zölligen Spiegelteleskop bei 262-facher Vergröfserung gesehen hat. Der rote Fleck a

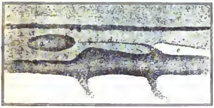


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

hatte gerade den mittleren Meridian Jupiters passiert; er erschien als längliches Oval von gelblich grauer Farbe, welche auf der folgenden Seite (b) in eine gelbliche orangefarbene Nuance überging, während die Mitte sehr schwach erschien. Der Schweif d, welcher dem Flecke folgt, ist ein äufserst zartes Objekt, nur bei c etwas dicker und augenfälliger, wo er sich nordwärts (in der Figur nach unten) wendete und in den breiten südlichen äquatorealen Gürtel durch den Buckel bei f übergeht. e ist schliefslich ein hellweifser Fleck, der gerade diesem Schweife folgt und sich lebhaft von dem Südrand des genannten Gürtels abhebt.

Über die Natur des roten Fleckes werden wir freilich durch die hübsche Zeichnung nicht unterrichtet. In der Beziehung sind vielleicht einige frühere Beobachtungen ausgiebiger. Während der südliche äquatoreale Gürtel stets den roten Fleck zu fliehen scheint, und der benachbarte Rand stets dem Nordrande des Fleckes parallel läuft, ist es mit dem südlicheren Streifen anders. Die von Young 1886 hergestellte Zeichnung[1] (Fig. 2) läfst erkennen, wie das wolkenartige Gebilde sich über den Südrand hinwegschiebt, und doch die Form des Flecks



Fig. 4.

darunter sichtbar bleibt, nur etwas verdunkelt durch den darüber geschobenen Vorhang. Hieraus könnten wir, wenn eine Täuschung des Auges ausgeschlossen ist, folgern, dafs dieser Vorhang in der That oberhalb des roten Fleckes liegt, dafs er wohl der Atmosphäre angehört, aber freilich durchscheinender ist als unsere Wolkengebilde, und dafs der rote Fleck ein Charakteristikum der Lithosphäre Jupiters bildet, die wir als im plastischen Zustande befindlich uns zu denken haben.[2]) Barnard hat eine ähnliche Beobachtung auf dem Hamiltonberge gemacht und Denninge beifolgende Zeichnung (Fig. 3) vom 25. Nov. 1894 läfst gleichfalls erkennen, dafs der südlichere Gürtel

[1]) Flammarion im Bull. Soc. Astr. de France Febr. 1895.

[2]) Vergl. Himmel und Erde Bd. IV S. 327.

dort, wo er sich über den roten Fleck schiebt, dunkel erscheint, also durchscheinend sein wird.

Der Anblick der ganzen Jupiterscheibe, wie sie Antoniadi in Juvisy gezeichnet hat (Fig. 4), zeigt durch die grofse Zahl schwarzer Flecke, die nach dem Äquator hin in der Art von Sandhosen verlängert sind, was für gewaltige Umwälzungen sich fortwährend in dieser fernen Welt zutragen — heftige Bewegungen, die zu verfolgen von grofsem Interesse ist. Leo Brenner in Lussinpiccolo studiert dieselben gerade jetzt mit dem guten siebenzölligen Refraktor, der ihm auch alle Einzelheiten auf der Marsoberfläche mit Ausnahme einiger in Mailand und Nizza wahrgenommenen Phänomene gezeigt hat. In der That erscheinen kleine Instrumente unter günstigen atmosphärischen Bedingungen berufen, uns über die Details der planetarischen Oberflächen noch manche wertvolle Auskunft zu geben. Die Photographie ist dazu — wie leicht begreiflich — kaum geeignet. Dagegen ist dieselbe in den letzten Jahren in der Sternwarte zu Cambridge verwendet worden, um die Verfinsterungen der Jupitertrabanten zu fixieren. Wir sehen auf der abgebildeten Platte (Fig. 5) eine Reihe von Zeilen, die zu ihrer Aufnahme je 10 Zeitsekunden erfordert haben. Nach Verlauf dieser Zeit wird die Platte immer um 0,8 mm durch einen am photographierenden Fernrohr angebrachten Hilfsapparat automatisch verschoben, nach Verlauf von 60 Sekunden um den doppelten Betrag. Es sind in den oberen Reihen alle vier Trabanten sichtbar, in den unteren ist dagegen der eine verschwunden, nachdem er der Jupiterscheibe immer näher gerückt ist. Nach Vollendung des photographischen Prozesses lassen sich auf der Platte die Schwankungen, welche die Intensität des Trabantenlichtes bei der Annäherung an die Planetenscheibe erleidet, und der Moment seines Verlöschens leicht erkennen. Falls man von Blenden Gebrauch macht, läfst sich auch das Licht des Planeten soweit abblenden, dafs es an Intensität dem des Trabanten gleich wird. So wird die nachträgliche photometrische Vergleichung des Planeten und des Trabanten ermöglicht.

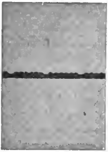


Fig. 5.

Sm.

Giebt es eine objektive Aberration? Mit dem Worte „Aberration“ bezeichnen die Astronomen eine scheinbare Veränderung der Stern-

örter, welche durch die Bewegung der Erde bedingt ist und die sich bei Sternen in der Nähe des Pols der Ekliptik auf etwa 20″ beläuft. Ähnlich wie ein schnell laufender Mensch bei in Wirklichkeit genau senkrecht fallendem Regen den Schirm etwas schräg nach vorn neigen mufs, um sich vor dem Nafswerden zu schützen, müssen wir auch unser Fernrohr ein wenig mehr nach dem Zielpunkt der Erdbewegung hin richten, damit der von einem Stern herrührende Lichtstrahl dasselbe durchlaufe; nur bei ruhender Erde würde uns der Stern an seinem wahren Orte erscheinen können. Wie man sieht, ist diese bisher in der Astronomie allein unter „Aberration“ verstandene Erscheinung nur von der Bewegung des Beobachters (beziehungsweise der Erde) abhängig, und es könnte die Frage aufgeworfen werden, ob denn nicht die Bewegung des Sterns selbst in ähnlicher Weise die Richtung des Lichtstrahls beeinflusse, sodafs man aufser der bisher berücksichtigten „subjektiven“ unter Umständen auch noch eine „objektive“ Aberration in Rechnung zu ziehen hätte. Der belgische Astronom Folie hat nun die Existenz einer solchen „objektiven“ Aberration bereits vor etwa 10 Jahren behauptet, indem er meinte, dafs in den relativen Bewegungen nichts geändert werden könne, wenn man dem System Erde und Stern eine Bewegung hinzufügte, welche der Erdbewegung entgegengesetzt gleich ist, sodafs dann die Erde in Ruhe, der Stern aber in Bewegung zu denken wäre. Diese das Wesen der Lichtwellen gar nicht weiter berücksichtigende Beweisführung Folies war nun bis jetzt ohne Widerlegung geblieben, obgleich eine erfahrungsmäfsige Bestätigung derselben von keiner Seite erfolgte. Einer gründlichen Diskussion ist die vorliegende Frage erst kürzlich durch Höfler unterzogen worden, der zunächst durch theoretische Überlegungen auf Grund der Undulationstheorie zu der Überzeugung gelangte, dafs eine Beeinflussung der Lichtwellen durch Bewegung der Lichtquelle in der von Folie angenommenen Weise nicht wohl statthaben könne, und dafs in der Folieschen Beweisführung ein versteckter Fehler enthalten sei. Ein gutes Mittel, die Frage auf Grund von Beobachtungen zu entscheiden, erkannte nun Höfler in der Diskussion der Doppelsternbahnen. Es zeigte sich nämlich, dafs die objektive Aberration, ihre Existenz also vorerst zugegeben, die scheinbaren Doppelsternbahnen ganz wesentlich verändern müfste, und zwar derart, dafs die scheinbare Bahn die wahre völlig einschliefsen würde und keine Ellipse mehr sein könnte. Immerhin würde die Abweichung von der elliptischen Bewegung bei den verhältnismäfsig grofsen Fehlern, mit denen die beobachteten, relativen Positionen der Doppelsterne behaftet sind, aus

der Bahnform allein nur sehr schwierig festzustellen sein, dagegen gestattet der Flächensatz (das zweite Kepplersche Gesetz) eine sehr sichere Prüfung nach dieser Seite hin, denn bei der Existenz einer objektiven Aberration könnte die Flächengeschwindigkeit (der in der Zeiteinheit vom Radius vector bestrichene Flächenraum) nicht konstant sein, sondern müfste zwischen einem Maximum und einem um die halbe Umlaufszeit später eintretenden Minimum schwanken. Indem nun Höfler die nach den Beobachtungen sich ergebenden Flächengeschwindigkeiten für zwei hierzu sehr geeignete Doppelsterne, 70 p Ophiuchi und α Centauri, berechnete, stellte sich die Unhaltbarkeit der Behauptung Folies aufs klarste heraus, da die gefundenen Werte nur in unregelmäfsiger Weise und nur in geringem, durch die Beobachtungsfehler erklärbarem Mafse schwanken. F. Kbr.

Bibliographisches

Nicola Teslas Untersuchungen über Mehrphasenströme und über Ströme hoher Spannung und Frequenz. Mit besonderer Berücksichtigung seiner Arbeiten auf den Gebieten der Mehrphasenstrommotoren und der Hochspannungsbeleuchtung. Zusammengestellt von Thomas Commerford Martin. Autorisierte deutsche Ausgabe von H. Maser. 1895. Halle a. S., Verlag von Wilhelm Knapp. 507 Seiten. gr. 8°.

Bei dem aufserordentlichen Aufsehen, welches die Teslaschen Experimentaluntersuchungen hervorgerufen haben, dürfte die deutsche Ausgabe einer guten Zusammenstellung seiner Publikationen vielen willkommen sein. Die Einleitung bringt eine Biographie Teslas, welcher folgende Daten entnommen werden mögen.

N. Tesla wurde im Jahre 1857 im Komitat Lika, einem Grenzlande Österreich-Ungarns geboren. Seine Familie ist aus angesehenem serbischen Stamme. Nachdem er auf der Oberrealschule zu Canstatt in Kroatien im Jahre 1873 das Abiturientenexamen bestanden, bezog er zu dem Zweck, Lehrer der Mathematik und Physik zu werden, die polytechnische Schule zu Graz, beschlofs indessen bald, sich der Ingenieurkarrière zu widmen. Nach einer kurzen Arbeitszeit auf dem Gebiete des Telegraphenwesens reiste er nach Paris und nahm dort bei einer Beleuchtungsindustriegesellschaft eine Stellung als Elektrotechniker an. Hier arbeitete er das Prinzip des Drehfeldes, dessen Hauptidee er schon früh gefafst hatte, vollständig aus und begab sich dann nach Amerika, um mit Edison in Verbindung zu treten. In einer zwar anregenden, aber immerhin abhängigen Stellung auf den Edisonwerken verblieb er indes nur kurze Zeit und trat dann mit verschiedenen Elektrizitäts-

gesellschaften in Verbindung. In der letzten Zeit verfügte er über ein eigenes grofsartiges Laboratorium, welches aber, wie Refer. von einem Freunde Teslas hörte, vor kurzem durch Feuersbrunst völlig zerstört worden ist. Im Winter 1887/88 gelang es Tesla, mit Hilfe des Drehstromes Motoren von ziemlich hohem Wirkungsgrade zu bauen; im Mai 1888 konnte er Apparate von 60%, im folgenden Jahre solche von 90—95% öffentlich zeigen. Bekanntlich ist der Drehstrom darum besonders wichtig, weil er mit den Vorzügen des Wechselstroms, nämlich der leichten Verwandlungsfähigkeit auf höhere oder niedere Spannung und der sich daraus ergebenden Möglichkeit, elektrische Kraft auf weite Entfernungen zu übertragen, die Fähigkeit des Gleichstromes verbindet, Motoren einfacher Konstruktion zu betreiben, also jene übertragene Kraft besser auszunutzen, als dies der Wechselstrom vermag.

Das Drehstrom- (Mehrphasenstrom-) System ist nun freilich nicht von Tesla allein, sondern durch die gleichzeitige Arbeit einer Reihe von anderen Technikern, besonders v. Dolivo-Dobrowolskys, auf den Grad der Vollkommenheit gebracht worden, der seine praktische Durchführbarkeit in grofsen Anlagen, wie sie heute bereits bestehen, möglich machte; doch dürfte der hervorragende Anteil Teslas an jener Entwickelung durch die im ersten Teile des Martinschen Werkes zusammengestellten Veröffentlichungen aus den Jahren 1888 bis 1893 sichergestellt werden.

Der zweite Abschnitt des Buches bringt den Abdruck einiger Vorträge, welche Tesla in den Jahren 1891 bis 1893 vor gelehrten Gesellschaften, zum Teil aber auch vor einem nach vielenden Tausenden zählenden Publikum in Amerika und England gehalten hat, und in denen er die Ströme hoher Wechselzahl und Spannung bespricht. Gerade dieser Gegenstand hat ja den Namen Teslas so aufserordentlich populär gemacht; denn es handelt sich hier nicht allein um Experimente, welche äufserlich wunderbar und glänzend sind, sondern doch auch um den ernsthaften und dankenswerten Versuch, die durch Hertz gezeigten Eigentümlichkeiten elektrischer Wellen für die elektrische Beleuchtung, die bekanntlich einstweilen noch recht weit von dem theoretisch möglichen Nutzeffekt entfernt ist, zu verwerten.

Bezüglich des Inhaltes dieser Vorträge können wir auf den s. Z. in dieser Zeitschrift wiedergegebenen Vortrag über Teslas „Licht der Zukunft" verweisen. Die Darstellung Teslas ist überaus anregend, allerdings nicht im eigentlichen Sinne des Wortes populär, da der Autor seine Ausführungen wohl nicht in erster Linie auf den bezüglich elektrischer Erscheinungen weniger unterrichteten Teil seiner Zuhörer berechnet hatte. Das Anregende liegt vornehmlich in der phantasievollen Art, mit welcher Tesla an jedes Resultat weitgehende Folgerungen knüpft und die Dinge unter gemeinsame Gesichtspunkte zu bringen sucht: es sei hier nicht mit ihm darüber gerechtet, ob er in dieser Beziehung nicht zuweilen weiter geht, als es einer vorsichtigen Betrachtungsweise entspricht. Sicher ist, dafs Teslas Experimente die allgemeine Aufmerksamkeit auf das Gebiet der Hochfrequenzströme in nachdrücklichster Weise hingelenkt haben.

Die Ausführungen des Herausgebers Martin würden besonders verdienstvoll sein, wenn er versucht hätte, gerade das zu geben, was den Teslaschen Vorträgen nicht in hohem Grade eigen ist, nämlich eine systematische Disponierung des umfangreichen Stoffes. — Die Übersetzung läfst nichts zu wünschen übrig. Sp.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde

Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz.

Von Prof. Dr. Carl Koppe in Braunschweig.

Die Bedeutung der grofsartigen Eisenbahnbauten, namentlich im Hochgebirge, der Schweiz, tritt am deutlichsten vor Augen, wenn man sich die Verkehrsverhältnisse vergegenwärtigt, wie dieselben vor der Anlage der Gebirgs- und Bergbahnen bestanden. Die fahrbaren Kunststrafsen, welche von Westen, Osten und Norden durch die Schweizer Alpen nach Italien führen, wurden sämtlich in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts gebaut; als erste die Simplon-Strafse. Napoleon war im Jahre 1800 mit 30 000 Mann über den grofsen St. Bernhard gezogen und hatte beim Übergang über diesen schon von den Römern benutzten Alpen-Pafs mit solchen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt, namentlich in Bezug auf den Transport seines Kriegsmaterials, dafs er sofort den Bau einer fahrbaren Heerstrafse von Frankreich nach Italien anordnete. Als Übergangspafs wurde der Simplon gewählt und direkt mit den Arbeiten begonnen. Aber Napoleons Ungeduld schritten dieselben trotz aller Beschleunigung zu langsam vorwärts. Wiederholt drängte er die bauleitenden Ingenieure mit der ungeduldigen Anfrage: „A quand le canon pourra-t-il donc passer le Simplon!“ 1806 war die Strafse vollendet. Sie bildete den kürzesten Verkehrsweg zwischen Paris und Mailand, in welch letztere Stadt sie durch den stolzen „Arco trionfale“, der ihr zu Ehren errichtet wurde, einzieht. Die Strafse über den Simplonpafs verbindet das Thal der Rhone mit dem der Doveria und der Toce. Von Brieg, der Endstation der Rhonethalbahn, führt sie in zahlreichen

Windungen dem Thal der Saltine folgend (Fig. 1) zur Pafshöhe hinauf, mit herrlicher Aussicht nach Norden auf den gewaltigen Aletsch-Gletscher, der wie ein breiter Eisstrom zu Thale fliefst. Etwas unterhalb der 2010 m über dem Meere gelegenen Pafshöhe, welche einen breiten und nur wenig geneigten Sattel bildet, zwischen dem Schienhorn und dem zum Massiv des Monte Leone (3565 m) gehörenden Schönhorn, liegt das Hospiz, von den Chorherren des Grofsen St. Bernhard zum Schutze und zur Unterstützung armer Reisender, welche hier zu vielen Tausenden alljährlich unentgeltlich verpflegt werden, in



Fig. 1. Strafse über den Simplon.

der Mitte der zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts gebaut. Von dort senkt sich die Strafse zum Dorfe Simpeln (1480 m) hinab, tritt in die wilde Gondo-Schlucht, welche die Doveria tief in die steil überhängenden Felsen eingeschnitten hat, erreicht die italienische Grenze und führt weiter nach Domo d'Ossola und zum Lago maggiore zur Verbindung mit dem norditalienischen Eisenbahnnetze. Zahlreiche Zufluchtshäuser, Schutzgallerien und kleine Tunnels dienen zur Sicherung des Verkehrs, namentlich im Winter gegen die Unbilden und Gefahren des Hochgebirges. Die Simplonstrafse bildet einen wichtigen Handelsweg für Italien, die Westschweiz und das angrenzende Frankreich, derart, dafs man seit Jahren darauf bedacht gewesen ist, diese erste fahrbare Alpenstrafse durch einen Schienenweg zu ersetzen, ein Unternehmen, dessen Verwirklichung jetzt nahe bevorsteht.

Dem Bau der Simplonetrafee folgte wenige Jahre später die Anlage einer Fahrstrafse über den Mont-Cenis. Dann wurden die Strafeen über den Bernhardin und den Splügen gebaut. Den Schlufe bildete die Ausführung der Kunststrafse über den Gotthardpafe, welcher am Ende des vergangenen Jahrhunderts eine grofse Rolle gespielt hatte in den Kämpfen der Österreicher und Russen gegen die Franzosen, die schliefslich von dem greisen Helden Suwarow zurückgeworfen und besiegt wurden. Die Bedeutung des Gotthardpasses für den Ver-

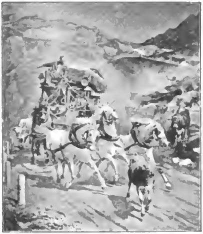


Fig. 2. **Post über den St. Gotthard.**

kehr zwischen Deutschland und Italien steigerte eich durch die 1830 erfolgte Vollendung der Fahrstrafse von Luzern nach Mailand in eolchem Mafse, dafs es der Post, namentlich im Winter, oft echwer wurde, den Waren- und Personen-Transport hinreichend rasch zu bewältigen.

Die schweizerischen Posteinrichtungen sind vielfach als Muster für andere hingestellt worden, und eie verdienen dae ihnen gespendete Lob in vollem Mafse. Geräumige Wagen, in deren „Coupée" man bequem eich einrichten und die herrliche Aussicht geniefsen kann, freundliche Kondukteure und Rosselenker, die mit wunderbarer Geschicklichkeit, aber mitunter für den Reisenden etwas unheimlicher Geschwindigkeit den schweren Postwagen durch die vielen Windungen der Strafse sicher hinab lenken, bilden hier einen angenehmen Gegen-

satz zu den primitiven Posteinrichtungen mancher anderer Länder. Wer jemals mit der schweizerischen Alpenpost über einen der Bergpässe gefahren ist, wird die wechselvollen Eindrücke einer solchen Fahrt lange im Gedächtnis bewahren. Auf luftigem Sitze, hoch über den Pferden schwingt der Postillon die Peitsche, und in sausendem Galopp geht es die gewundene Strafse hinab, oft mitten durch eine Viehherde hindurch, die brüllend vor und hinter dem Wagen hintrabt, und deren wild gewordene junge Stiere nur mit Mühe von den Treibern zusammengehalten werden können (Fig. 2). Ganz anders im Winter. Der grofse Schneefall beginnt meist im November. In dichtem Wirbel schweben die Schneeflocken unaufhörlich herab und bedecken den Boden höher und höher. Donnernd stürzen die Lawinen ins Thal, zuerst einem Sturzbache, dann den majestätischen Wogen des Meeres vergleichbar, alles vernichtend, was sich ihrem Laufe entgegenstellt. Jeder Verkehr ist dann unmöglich bis das Wetter endlich sich ausgetobt hat, die Sonne wieder durch die Wolken bricht und einen Blick auf das Schlachtfeld entfesselter Naturkräfte gestattet. Grofsartig schön ist der Anblick, den die majestätisch wilden Schluchten in ihrem Winterkleide darbieten. Von dem festungsartigen Aufbau der Strafse, den steilen Abstürzen des Flusses ist nichts mehr zu sehen, denn haushoch sind sie mit Schnee bedeckt. Die Brücken über den Flufs sind unnötig geworden, denn der Lawinenschnee ist fest wie Eis, und ohne eine Ahnung davon zu haben, dafs tief unter ihnen der Flufs dahinbraufst, folgen die Reisenden dem Wege, der über die Lawinen hinführt. Nachdem diese gefallen und die Kraft des Sturmes gebrochen war, mufste er mühsam gebahnt werden, was oft mehrere Tage der angestrengtesten Arbeit erfordert. Zuerst wird ein Pferd, welches aus mehrjähriger Erfahrung seine Aufgabe kennt, in der Richtung, welche der Weg nehmen soll, vorangeführt. Bei jedem Schritte sinkt es bis an Brust und Hals in den oberen, frisch gefallenen und lockeren Schnee, doch willig und ruhig, ohne sich durch unnötige Anstrengungen vorzeitig abzumüden, folgt es dem Führer, der es auf seinem beschwerlichen Wege möglichst zu unterstützen und mit Worten zu ermuntern bemüht ist, während er selbst bis über die Lenden im Schnee versinkt. Nach dem ersten Pferde kommt ein zweites, für welches der Weg schon ein wenig erleichtert ist, dann folgen einige Männer und wieder einige Pferde, dann ein Pferd mit einem leeren Schlitten, wieder Pferde, Männer und leere Schlitten, und alle arbeiten und stampfen so lange im Schnee, bis der Weg hinreichende Festigkeit für die Passagier-

und Gepäckschlitten, welche meist offen und einspännig sind, gewonnen hat. Die ganze Arbeit geht, wenn auch auf der Südseite der Alpen mit italienischer Lebhaftigkeit, doch meist ohne Schelten und barte Worte von statten. Jeder ist bemüht, nach besten Kräften beizustehen, bis das Ziel erreicht ist, oder die einbrechende Nacht zur Rückkehr zwingt.

Die Gefabr vor Lawinen ist verhältnismäfsig gering. Die Ortsangehörigen kennen jede Stelle, wo eine Lawine fallen mufs; sie wissen genau, welche schon gefallen sind und welche noch nicht. An einem gefährlichen Orte, wo noch eine Lawine hängt, werden bisweilen sämtliche Schlitten wie zum Wettrennen und unter entsprechender Aufregung der Reisenden, einer nach dem andern, im stärksten Galopp vorbeigeführt; doch ist dies selten notwendig. So lange wirkliche Gefahr vorhanden ist, — unbedingte Sicherheit kann natürlich nicht verbürgt werden — fährt man nicht und rät auch jedermann ab, die Strafse zu passieren. Nur die italienischen Arbeiter, welche im Herbst und Frühjahr in langen Scharen zu tausenden über die Alpen wandern, meist schlecht bekleidet, ohne Strümpfe in den Schuhen, aber mit einem dicken Shawl um den Hals, einem Regenschirm unter dem Arm und einem grofsen Hute, vielfach auch mit einer Schiebkarre auf dem Kopf, lassen sich selten abhalten, sobald eine Möglichkeit vorhanden ist, den Berg zu überschreiten. Von diesen verunglücken fast in jedem Jahr eine gröfsere Zahl, da es nicht immer möglich ist, ihnen noch rechtzeitig Hilfe zu bringen. Besonders gefährdet sind die Strafsenarbeiter im Winter. Die ständigen „Wegeknechte“, wie sie dort genannt werden, wohnen in den Bergdörfern und den Schirmhäusern an der Strafse. Oft Tage und selbst Wochen lang von allem Verkehr abgeschnitten, sind sie stets von Lawinengefahr umgeben. Sie haben die Aufgabe, die Strafse in fahrbarem Zustande zu erhalten und die Post auf alle mögliche Weise zu unterstützen. Zugleich ist es ihre Pflicht, verunglückten Reisenden beizustehen und ihnen Obdach zu gewähren. Kurz nach Beginn der Arbeiten am Gotthardtunnel waren in den Schöllenen, der durch die Teufelsbrücke berühmten, wildromantischen Felsschlucht zwischen Andermatt und Göschenen, drei Wegearbeiter mit Ausbessern der verschneiten Strafse beschäftigt, als plötzlich der Ruf „Lauene“ erscholl. Zwei von ihnen stürzen die Strafse entlang, um sich in die nächste Schutzgallerie zu retten, doch zu spät; ehe sie dieselbe erreichen, sind sie von der Lawine verschüttet. Der Dritte, derselbe, der den Warnungsruf ausgestossen, ein bekannter Gemsjäger von Andermatt, hat, obwohl der Lawine am

nächsten und von ihr am meisten bedroht, mit einem Blick die Lage übersehen. Flucht ist unmöglich. Er springt der Lawine entgegen unter einen vorstehenden grossen Steinblock, an dessen Wänden der Stofs der Schneemassen sich bricht. Diese umgeben ihn höher und höher; er hat sich aus der gedeckten Stellung aufgerichtet, der Schnee steigt ihm über Schultern und Kopf, und schliefslich ragen nur noch die Hände der emporgestreckten Arme aus der Lawine hervor. Er ist festgeklemmt zwischen den Fels und den hart wie Eis geprefsten Schnee. Er beginnt zu arbeiten, bis es ihm möglich ist, den Armen eine drehende Bewegung zu geben; durch Drehen und Drücken wird der Körper nach und nach etwas freier, doch bleibt es ihm unmöglich, die Arme nach unten zu ziehen. Nach langer Anstrengung und einer Ausdauer, wie sie diesen eisernen Naturen eigen ist, gelingt es ihm, sich senkrecht emporzuarbeiten und das Freie zu gewinnen. Er allein kann seinen verschütteten Kameraden keine Hilfe bringen; er eilt ins Dorf, und ungesäumt zieht einer der Ältesten mit einer Schar mutiger Männer aus, die Verschütteten zu befreien. An Ort und Stelle angekommen wird entblöfsten Hauptes beim Brausen des Sturmes ein kurzes Gebet gesprochen, dann geht es an die Arbeit. Zum Aufsuchen der Verunglückten dienen lange, dünne Stangen, die vorsichtig in den Schnee hinabgestossen werden, um zu fühlen, wo vermutlich ein Verschütteter liegt. Einer der Verunglückten ist nicht tief unter der Oberfläche in den Schnee mit dem Gesicht nach oben eingebettet. Er hat die Retter ankommen gehört, er versteht jedes Wort, kann aber kein Glied seines Körpers um Haaresbreite bewegen. Er verfolgt mit fieberhafter Angst alle ihre Bewegungen; sie kommen näher; eine Eisenstange wird ihm zwischen Brust und Arm hindurch gestossen, er will schreien, eine Bewegung machen, unmöglich. Er hört, wie sie sich wieder von ihm entfernen und Stimmen laut werden, bei der drohenden Lawinengefahr und der einbrechenden Nacht sei an Rückkehr zu denken; er glaubt sich verloren, lebendig begraben. Plötzlich fühlt er einen Stofs auf der Brust und hört den Ruf „Hier liegt einer!“ Er ist gefunden. Vorsichtig wird der Schnee abgegraben. Er ist gerettet. Seinen Kameraden aber hat die Lawine in den Abgrund geschleudert. Für ihn ist jede Rettung unmöglich.

Auch die Kondukteure und Postillone müssen bei Ausübung ihres Berufes nicht selten ihr Leben aufs Spiel setzen. Wenn der Weg noch zu schlecht und die Gefahr noch zu grofs ist, um die Weiterbeförderung der Reisenden unternehmen zu können, so geht nur der Kondukteur mit einem Schlitten und einigen erfahrenen Postillonen

über den Berg, um wenigstens die Briefpost hinüber zu bringen. Nicht selten werden sie das Opfer ihres Berufes, wie am Gotthard unter anderen der Kondukteur Renner, der jung verheiratet, ein kräftiger Mann von kaum 30 Jahren, ganz allgemein beliebt war wegen seines offenen, geraden und zuvorkommenden Wesens. Wenn man bei gutem und schlechtem Wetter, mitunter auch bei Not und Gefahr die Alpenstrafse überschreitet, befreundet man sich bald mit den Kondukteuren, die, wie der Kapitän sein Schiff, die ihm anvertrauten Passagiere durch die Gefahren der Schneewüsten in den Hochalpen geleiten; bei jeder neuen Fahrt begrüfst man sie wieder wie alte Bekannte und nimmt teil an dem, was sie freut und schmerzt. Wie wenige von den vielen Tausenden der Vergnügungsreisenden, welche alljährlich im Sommer über die Alpenstrafse fahren und meist Kondukteur und Trinkgeld identifizieren, kennen die Mühseligkeiten und Gefahren, welche diese Leute im Winter zu überstehen haben. Sie erfüllen ihre Pflicht stets willig und ohne Überhebung. Von der Gefahr, die sie überstanden, von der mutigen That, durch welche sie anderen geholfen, erfährt kaum ihre nächste Umgebung. Wenn einer als Opfer seiner Pflichttreue gefallen, so ehrt ihn das liebevolle Andenken seiner Kameraden, die, glücklicher als er, die Wohlthaten der grofsen Alpendurchstiche geniefsen, welche zum Teil vollendet, zum Teil in Angriff genommen sind.

(Fortsetzung folgt.)

Naturbrücken.

(Unter besonderer Berücksichtigung der amerikanischen.)

Von Dr. Emil Deckert in Washington, D. C.

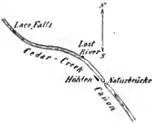
Unter den Wundern des nordamerikanischen Ostens gilt die Naturbrücke von Virginien mit gutem Fug als eins der ersten und gröfsten, und nur das „Donnerwasser“ der Niagara-Fälle, die düsteren Felsenengen des kanadischen Saguenay River und die unterirdischen Höhlenlabyrinthe von Luray (Virginien), Glasgow (Kentucky) und Wyandotte (Indiana) lassen sich hinsichtlich der ästhetischen Wirkung mit ihr vergleichen.

In einem eben so anmutigen als kühnen Bogen von 20 bis 30 m Spannweite und von 60 m Höhe im Lichten schwingt sie sich über die wilde Schlucht des Cedar Creek, der unter ihr über Steingeröll dem kaum 3 km entfernten James River zueilt, und wenn man sie in heller Morgenbeleuchtung von einer günstigen Stelle unterhalb zum ersten Male erschaut, wie sie mit ihren dunkelgrauen Felsen ein gutes Stück blauen Himmels und darunter den rauschenden Bach und seine waldbewachsenen steilen Ufer umrahmt, so mischen sich zugleich Staunen und Entzücken, und man wagt sein Auge von dem herrlichen Bilde kaum wieder wegzuwenden. Welcher menschliche Brückenerbauer darf sich wohl rühmen, ein Werk von ähnlicher sympathischer Schönheit und Grofsartigkeit ersonnen zu haben, wie es hier durch ein seltsames Zusammenspiel der Naturkräfte vor uns steht!

Und der ästhetische Hochgenufs, den die Naturbrücke dem Beschauer gewährt, wird kein geringerer, wenn er durch sie hindurchschreitet und empor blickt, und wenn er dann in der engen Waldschlucht das Flüfschen entlang weiter wandert, bis zu den sogenannten Spitzenfällen („Lace Falls“), am oberen Ende der Schlucht.

Auch dabei giebt es des Merkwürdigen und Schönen noch genug zu bewundern: die weiten Höhlenräume in den blaugrauen Kalksteinwänden auf der rechten (südöstlichen) Seite des Creek, unmittelbar oberhalb der Brücke; den „Verlorenen Flufs“ („Lost River“), der ein paar hundert Meter weiter aufwärts auf der linken (nordwestlichen) Seite aus einem scbwarzen Scblunde heraus tost und sioh in den Cedar Creek hinabstürzt; die zahllosen kleinen Kaskaden, welohe der krystallklare Creek beim Überschreiten der sein Bett quer durchsetzenden Felsenbänke bildet; und endlich die genannten maleriscben Wasserfälle, die etwa $1^1/_2$ km oberhalb der Brüoke in die Schluoht herunterrutschen, in einer Höbe von 4 bis 5 m.

Die ganze Umgebung der Brücke bildet einen Naturpark präcbtigster Art, und es lustwandelt, sitzt und träumt sich angesichts dieser Wunder, die er birgt, im Sohatten seiner Hemlocktannen- und Eiohenbäume gar schön. Aber es sinnt sich auch eben so schön über jene Wunder nach, wenn man mit seinem Geologenhammer an den Brüokenpfeilern und dem Brückenbogen ebenso wie an den Höhlengewölbon und den Sohlucbtwänden herumpocht und das Streiohen und Fallen der Schichten geprüft, sowie andere notwendige Beobachtungen und Messungen angestellt hat. Dergleichen Pbänomene soviel als möglicb zu begreifen und genetiscb zu erklären, um von dem naiven Naturgenusse zum wissenschaftlichen hindurchzudringen, ist ja ein ganz allgemeines mensohliches Bestreben, und wer Ohren hat zu hören und Augen zu sehen, dem erzählen und verraten die vorhandenen Zeugen: die Felswände und Höhlen, die Steinblöoke und Bänke und die unter- und oberirdischen Gewässer die Entstehungsgeschicbte der Brücke und der Schluoht deutlich und vollständig genug.



Ein alter Beschreiber der Brücke, Thomas Jefferson, der geist- und kenntnisreichste unter den Unionspräsidenten, glaubte der herrschenden Auffassung seiner Zeit gemäfs, dafs ein unvollständiges Auseinandersprengen oder Zerreifsen der Bergmasse das Wunder zu stande gebracht habe. „It is on the ascent of a hill, which seems to have been cloven through its length by some great convulsion.“ Und die ihrer Zeit weit vorauseilende Erklärung, wolche Don Ulloa von der Entstehung solcher Schluchten in den südamerikanischen Anden

giebt — dafs sie Werke des fliefsenden Wassers seien — lehnt er, gleich anderen Gelehrten der ersten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts in sehr entschiedener Weise ab. Der Cedar Creek sei nur 20 bis 30 Fufs breit, er entspringe in der geringen Entfernung von nur 2 englischen Meilen vom Orte; wie dürfe man ihm also die Kraft zutrauen, den festen Kalkstein zu durchbrechen.[1])

Der deutsch-russische Mineralog Charles Cramer, der die Virginische Naturbrücke um das Ende der zwanziger Jahre des Jahrhunderts besuchte, findet die Convulsionstheorie ebenso unannehmbar wie die Erosionstheorie, und er sucht der einen wie der anderen zu entgehen durch den einfachen Hinweis auf den Urgrund aller Dinge: „dafs die Brücke in Virginia von Natur ursprünglich so geformt worden, wie sie jetzt in ihrer prachtvollen Gröfse dasteht". „Alles dieses trägt nicht wenig dazu bei, den Wanderer zu fesseln, den Schöpfer hoch zu preisen und sich selbst als ein geringes, vergängliches Wesen zu betrachten. Der grofse Washington, der als Jüngling seinen Namen mit Lebensgefahr in den Felsen unterhalb des Bodens gegraben, auch Er ist dahin!...."[2]) Das ist seiner Weisheit Schlufs.

Dafs sich die neuere Wissenschaft mit der Cramerschen Universalerklärung aller Naturphänomene, die den Tod aller Wissenschaft bedeutet, noch weniger zufrieden geben kann, als mit der Jeffersonschen Convulsions- oder Kataklysmen-Theorie, versteht sich von selbst. Wie hat man sich aber vom Standpunkte der neueren Forschung die Genesis des kühnen Felsenberges quer über die tiefe Schlucht zu denken?

Wir meinen, dafs man sich bei der eingehenden Prüfung aller obwaltenden Umstände rückhaltlos zu der Auffassung Don Ulloas zu bekennen hat, und er ist dabei nur in nachdrücklicher Weise unterstützt worden von den allbekannten Verwitterungsagentien: Frost und Hitze, Durchfeuchtung und Ausdörrung, Kohlensäure und Pflanzenwurzeln. Die Brücke ist eine Erosionswirkung, ebenso wie die „Zeugen" Duttons auf dem Colorado-Plateau, oder wie die Pilzfelsen am Ostflusse des Felsengebirges, zwischen Denver und Puebla — wenn auch nicht eine Wirkung oberirdischer Erosion, wie diese seltsamen Bildungen, sondern eine Wirkung unterirdischer Erosion.

Dafs die unterirdische Erosion in der nächsten Nachbarschaft

[1]) Thomas Jefferson, Notes on Virginia, p. 21 f. (Boston 1832).

[2]) Charles Cramer, Etwas über die Naturwunder in Nordamerika. St. Petersburg 1837.

der Brücke noch heute am Werke ist, zeigt uns der erwähnte „Verlorene Flufs“, der nach einer unbekannten Strecke verborgenen Laufes etwa 300 m oberhalb der Brücke wildtosend zu Tage tritt, um sich unmittelbar nach seinem Austritte in den Cedar Creek zu ergiefsen; und dafs sie in einer vergangenen Zeit noch energischer thätig gewesen sein mufs, bekunden die Höhlenräume in der rechten Uferwand dicht neben der Brücke. Der Cedar Creek war augenscheinlich einst selbst ein „verlorener Flufs“ — vielleicht bis hinauf zu den „Lace Falls“ —, und erst eine gewisse Strecke unterhalb der Brücke trat er an das Licht, wahrscheinlich noch stärker und wilder tosend als heute der Lost River. Der schöne Wasserfall aber, den das Flüfschen bildet, war damals viel höher als heute, und derselbe befand sich nicht $1^1/_2$ km oberhalb der Brücke, sondern eine gewisse Strecke unterhalb und vorübergehend vielleicht unmittelbar an der Austrittsstelle des Flusses. Es ist ja die wohlbekannte Entwickelungsgeschichte aller Wasserfälle — der unterirdischen wie der oberirdischen — dafs sie in der Richtung auf die Quelle zurückschreiten, und dafs sie dabei in der Regel niedriger und niedriger werden, bis sie sich endlich in eine Reihenfolge kleiner Kaskaden auflösen und zuletzt ganz verschwinden. Die Wasserkraft, die sich an den Fällen lokalisiert und konzentriert, zerreifst und zersägt dabei die Felsen verhältnismäfsig rasch und in einem bedeutenden Umfange, und sie schafft an ihrer Stelle Schluchten, deren Tiefe und Weite der Höhe und Breite des Wasserfalles entsprechen würde, wenn nicht andere Kräfte — deren hauptsächlichste wir oben genannt haben — bei der Erosion mitwirkten. In dem Falle des Cedar Creek war vor allem das kohlensäure-geschwängerte Sickerwasser in der hervorragendsten Weise an der Erosionsarbeit beteiligt, und unter seinem Einflusse erweiterte und vergröfserte sich die Schlucht — man könnte ebenso gut sagen: das Cañon — aller Wahrscheinlichkeit nach bereits in ihrem unterirdischen Entwickelungsstadium sehr erheblich. Der Strom selbst aber hatte seiner Zeit ebenso wie die anderen Ströme der Gegend, und in offenbarem Zusammenhange mit der einstigen Vergletscherung der Gegenden weiter nordwärts, ein viel bedeutenderes Wasservolumen, mit ihm zugleich aber natürlich auch sein Wasserfall (bezugsweise seine Wasserfälle, wenn es deren mehrere gegeben haben sollte), und dieser Umstand trug zur Vergröfserung der Erosionswirkung ebenso sehr bei, wie zu ihrer Beschleunigung. Es kostete dem Cedar Creek auf diese Weise bei weitem keinen so langen Zeitraum, seine interessante geologische Unterminierungsarbeit zu vollbringen, als man bei ober-

flächlicher Betrachtung zu glauben geneigt sein könnte — nicht Jahrhunderttausende, sondern nur Jahrtausende, wie wir zu behaupten wagen.

In der Folge stürzte dann das Höhlengewölbe oberhalb der Brücke ebenso wie unterhalb derselben ein — vielleicht unter dem Einflusse gelegentlicher Erderschütterungen, die der Gegend nicht fremd sind, und wahrscheinlich nicht mit einem Male, sondern ganz allmählich, Kalksteinlage um Kalksteinlage und Strecke um Strecke. Die Brücke aber blieb als ein Überrest des Höhlengewölbes bis auf den heutigen Tag stehen, anfangs ohne Zweifel viel breiter, kompakter und gedrückter, allmählich sich aber durch die Wirkung der Atmosphärilien zu dem luftigen, leichten und graziösen Baue ausgestaltend, den wir heute vor uns sehen.

Wie ging es aber zu, dafs die Brücke stehen blieb, während das ganze übrige Gewölbe zusammenbrach? Auf diese Frage giebt



der Schichtenbau der Cañonwände die unzweideutigste und bestimmteste Antwort, die man sich in der dynamischen Geologie wünschen kann. Oberhalb der Brücke fallen die silurischen Kalksteinschichten in beträchtlich starker Neigung (15 bis 25°) gegen Osten ein, und ähnlich ist es unterhalb der Brücke in der umgekehrten Richtung der Fall (siehe das beigegebe Profil). Die an der Oberfläche zu Tage stehenden Schichtenköpfe boten den Atmosphärilien — insbesondere dem Sickerwasser, dem Frost und den Baumwurzeln — daselbst allenthalben gute Angriffspunkte, dieselben vermochten das Gestein also auf das gründlichste zu zerarbeiten und zu zersetzen. Das Höhlengewölbe war auf solche Weise an den fraglichen Stellen von vornherein am wenigsten fest und widerstandsfähig und auf die Dauer berechnet, und unterirdische Abbrüche von der Höhlendecke sowie Abgleitungen und Zusammenstürze waren in der Gegend der oberen und unteren Höhlenöffnungen jederzeit leicht möglich.

Anders an der Brücke. Dort lagern die Schichten horizontal und ungestört, oder vielmehr in den Scheitel einer Synklinale zusammengeprefst; und nicht blos der Umstand, dafs den von oben her wirkenden Atmosphärilien schwer angreifbare Schichtenflächen entgegenstarrten, sondern auch der Umstand, dafs dem Gestein infolge

seiner Zusammengeprefetheit eine viel gröfsere Festigkeit innewohnte, liefe dae Höhlengewölbe dort überdauern, während es an anderen Stellen in Trümmer sank.

Wie lange die Brücke in ihrer gegenwärtigen Gestalt oder doch annäherd in dieser Gestalt beeteht, iet echwer zu sagen. Da der Gesteinsschutt, der sich durch das Zusammenbrechen des übrigen Gewölbes in der Schlucht aufhäufen mufste, so gut wie vollständig hinweg geräumt ist — das Bett dee Flusses iet oberhalb der Brücke ganz auffällig geröllfrei —, so mufs wohl sicherlich eeit dem Zueammensturze der Hauptmaese eine Reihe von Jahrtausenden vergangen sein. Man hat aber bei dieser Schlufsfolgerung wieder in Rücksicht zu ziehen, dafs auch die transportierende und aueräumende Kraft dee Cedar Creek in einer jüngstvergangenen erdgeschichtlichen Periode eine viel stärkere gewesen ist, und zwar nicht bloe durch das gröfsere Waseervolumen des Fluees, sondern auch durch das rauhere Klima jener Zeit, das einerseits die Gesteinstrümmer rascher verwittern und zerfallen liefs, und das andererseits viel gewaltigere Eisgangskatastrophen, als wir eie heute in den virginischen Strömen beobachten, mit sich brachte. Im übrigen darf man aber bei dem Versuche, die Entstehung der Brücke so genau als möglich zu datieren, natürlich auch die Geschichte dee James River, der die Eroeionsbasie für den Cedar Creek bildete, nicht aufser Betracht laesen. Wäre der Wasserfall dee Cedar Creek die ganze Zeit hindurch gleichmäfsig oder im Durchschnitte um 0,3 m jährlich zurückgeschritten, eo wären zur Bildung der Schlucht oberhalb der Brücke nur etwa 5000 Jahre nötig geweeen. Eine eo einfache Rechnung ist aber bei der Cedar-Creek-Schlucht weniger zulässig als bei der Niagara-Schlucht, und die zur Zeit noch unbekannten Faktoren, welche mit in Rücksicht zu ziehen sind, könnten die angegebene Ziffer ebenso gut wesentlich vergröfsern als verkleinern. Dafs eie dieselbe verzehnfachen oder verzwanzigfachen könnten, glauben wir freilich nicht.

Was die Zukunft der Brücke betrifft, so ist ee klar, dafs das schöne Gebilde nicht für die Ewigkeit gemacht iet, und dafs der Bogen schliefelich auch in die Tiefe hinabbrechen wird. Prozesse von der Art des geschilderten gelangen ja zu keinem vollkommenen Stillstande, und die gröfsere Festigkeit und günstige Lagerung des Gesteins kann sie wohl verzögern, nicht aber völlig in ihrem Fortgange hindern. Seit die horizontalen Kalketeinschichten des Brückenbogene seitlich blofs liegen, stürmt und wettert ee gegen dieselben zu Zeiten heftig genug, und die so überaus energischen amerikanischen Atmosphärilien

betreiben ihr wildes Spiel und ihr Zerstörungswerk an ihnen unablässig, wenn auch in stets wechselnder Gestalt. Besonders gedenken wir hierbei der heftigen Regen- und Schneestürme aus Südwest und Südost, der öfteren winterlichen Verglatteisung, des Spaltenfrostes und des starken und plötzlichen Temperaturwechsels mit der davon abhängigen Kontraktion und Expansion des Gesteins. Die Temperaturwechsel ebenso wie die Wechsel der Feuchtigkeitszustände sind am stärksten an der Südwestseite, und an dieser bröckeln infolgedessen am häufigsten gröfsere oder kleinere Gesteinsstücke ab. Der Fortschritt, den die Zerstörung macht, ist aber auch an dieser Seite nicht gerade ein rascher; denn das Gestein ist, wie bereits betont wurde, viel fester gefügt als oberhalb und unterhalb der Brücke, und so erscheint die Hoffnung, dafs der stolze Bau noch von zahlreichen Menschengeschlechtern bewundert werden wird, als eine wohlbegründete. Auch selbst einer Reihe starker Erderschütterungen würde derselbe infolge der sicheren horizontalen Lagerung seiner Schichten voraussichtlich zu widerstehen vermögen.

Dafs die Virginische Naturbrücke von den Bewohnern der Gegend thatsächlich als eine Brücke im gewöhnlichen Sinne des Wortes zum Übergange über die tiefe Ceder-Creek-Schlucht benutzt wird, und dafs eine öffentliche Landstrafse über dieselbe gelegt worden ist, erwähnen wir nur nebenbei, und ebenso auch, dafs es dem ununterrichteten Wanderer auf dieser Landstrafse leicht begegnen kann, dafs er über das grofsartige Naturwunder hinwegschreitet, ohne etwas davon zu ahnen. Noch beträgt ja die Breite der Brücke in der Mitte gegen 20 Meter, und das Baum- und Strauchwerk, welches auf ihr wuchert, wehrt namentlich während des Sommers den freien Blick in den Abgrund, der rechts und links von ihr gähnt.

Dafs Naturbrücken von der Art der Virginischen grofse Seltenheiten sind, versteht sich von selbst. Nur ausnahmsweise greifen eben die Naturverhältnisse, welche ihre Voraussetzung bilden, in der angegebenen Weise oder doch ähnlich zusammen, und die unter- und oberirdische Zerstörung der Gebirgsmassen durch die meteoro-dynamischen Agentien ist für die Regel eine zu radikale, als dafs sie so zarten und luftigen Bildungen eine längere Dauer gestatten sollte.

Ein ziemlich vollkommenes Seitenstück zu der Virginischen Naturbrücke befindet sich aber in dem dolomitischen Kalksteingebiete von Arizona, das sich im Westen an die grofse Magellon-Mesa anlehnt. Diese Naturbrücke von Arizona, die leider auf allen Seiten von schwer durchdringlichen Wüsteneien umgeben ist, und die des-

wegen nur von wenigen besucht und bewundert wird, verbindet in einer Höhe von 50 m und in einer Spannweite von 24 m die beiderseitigen Cañonwände des Pine Creek, eines Zuflusses des Salt River; ihr Bogen ist aber viel massiger und zugleich auch viel breiter (gegen 140 m), als bei der Brücke von Virginia. Man könnte sie sonach als eine Art Vorstufe derselben bezeichnen, bezugsweise als eine in ihrer Entwickelung zurückgebliebene Brücke, die uns in concreto eins jener Entwicklungsstadien zeigt, welche wir bei der Virginischen Brücke aus dem vorliegenden Beobachtungsmaterial zu rekonstruieren gesucht haben.

Im übrigen ist die Bildungsgeschichte der Naturbrücke von Arizona aber offenbar ganz ähnlich verlaufen, wie wir es bei der von Virginien des Näheren dargelegt haben. Auch bei ihr handelt es sich um ein Werk der unterirdischen Erosion durch ein fliefsendes Gewässer, in dem ein Wasserfall (oder deren mehrere) stromauf zurückschritt, sowie um nachfolgende Höhlengewölbseinstürze. Das sagt uns die ganze Geartung des Cañons, das sagt uns aber insbesondere das ausgedehnte System von Tropfsteinhöhlen dicht bei der Brücke sowie der kleine Wasserfall, der heute unmittelbar unter ihrem Bogen zu Thale rauscht. Und auch in Arizona ist die Bildungszeit der Schlucht und der Brücke aller Wahrscheinlichkeit nach das Quartär gewesen, denn diese Zeit war auch in dortigen Wüsten und Halbwüsten eine Zeit viel gröfseren Wasserreichtums der Ströme, und demgemäfs eine Zeit viel lebhafterer und gewaltigerer Erosionsthätigkeit derselben. Davon liefern einen noch viel nachdrücklicheren Beweis, als die Pine-Creek-Schlucht und ihre Felsenbrücke, die ungeheuren Cañons des Colorado und seiner Nebenflüsse, die nur etwa 250 km nordwestlich von der Brücke in die Hochflächen von Arizona eingeschnitten sind.

Heute ist das Klima der Gegend dürr und wüstenhaft, und man kann sich füglich wohl ein ganzes Jahr daselbst aufhalten, ohne einen Tropfen Regen zu sehen. Der Pine Creek aber ist infolgedessen wasserarm, ja nahezu trocken. Er könnte also eine so umfangreiche geologische Arbeit, wie sie hier vorliegt, heute schwerlich mehr leisten, und vielleicht liegt in seiner Erschöpfung sowie in der damit Hand in Hand gehenden geringen Verwitterungskraft des gegenwärtigen Arizonaschen Klimas der Hauptgrund davon, dafs die Ausbildung seiner Brücke nicht so weit vorgeschritten ist wie bei der Virginischen Brücke. Dafs ein vollkommener Stillstand in dem Prozesse eingetreten sei, darf man trotz alledem nicht glauben. Gelegentlich erleidet die Dürre eine Unterbrechung, und dann strömt in den meisten Fällen

eine wahre Sintflut aus den schwarzen Gewitterwolken herab. Eine solche Katastrophe bleibt aber niemals ohne Wirkung betreffs der Felsenbrücke, und einer längeren Reihenfolge solcher Katastrophen ist dieselbe trotz der Wuchtigkeit ihres Bogens vielleicht nicht auf die Dauer gewachsen. Wir dürfen das namentlich aus einem Schlunde schliefsen, der in der Nähe ihrer Südseite mitten durch den Gewölbebogen derart hindurchsetzt, dafs man durch ihn auf den Creek hinabblicken kann. Dieser Schlund ist nichts anderes als eine Wirkung jener wolkenbruchartigen Regengüsse, und er wird durch sie weiter und weiter werden, bis endlich einmal der ganze südliche Teil des Gewölbes in die Tiefe herabgerissen wird. Dann wird die Brücke von Arizona ihrem Vorbilde in Virginien um einen erheblichen Schritt näher gerückt sein. Weil ihre Weiterentwickelung so stofsweise und durch so gewaltige Katastrophen erfolgt, ist es aber durchaus zweifelhaft, ob sie jemals zu derselben Feinheit und Anmut der Gestalt gedeihen wird, wie jene, bevor sie ganz in Trümmer sinkt. Die Erdbeben, welche die Gegend zusammen mit Sonora und Südkalifornien heimsuchen, würden überdies in dem gleichen Sinne wirken wie die Wolkenbrüche — mit furchtbarem Ungestüm und im Verlauf von wenigen Minuten in bedeutendem Umfange zerstörend.

Ein noch anderes Entwickelungsstadium des in Frage stehenden Phänomens veranschaulicht uns der merkwürdige „Naturtunnel“ im äufsersten Südosten von Virginien (in Scotts County), der eine silurische Kalksteinkette zwischen den Clinch- und Powels Mountains quer durchsetzt, von dem Stock Creek, einem Zuflusse des Clinch River durchströmt wird und heute von der Süd-Atlantic-Ohio-Eisenbahn als Durchgang benutzt wird — „the only place where a train can enter and go through a mountain opened by the hand of God“, wie ein Beschreiber sagt.[3]) In einer Länge von etwa 250 m und in stark wechselnder Weite und Gewölbhöhe windet sich dieser Naturtunnel schlangenförmig durch die erwähnte Felsenmasse hindurch; sein Dach aber, über das ebenso wie bei der Virginischen Naturbrücke eine Landstrasse führt, ist im Mindestbetrage noch ungefähr 50 m mächtig. Da kann also wohl von einem Zusammenbruch des Gewölbes in absehbarer Zeit noch weniger die Rede sein, als bei den beschriebenen Brücken. Handelt es sich doch obendrein auch bei diesem Tunnel um eine synklinale Lagerung und damit zugleich um eine erhöhte Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Gesteins. Und ist doch heute

[3]) Th. Whitehead, Virginia (Richmond 1893), p. 54.



Naturbrücke von Virginien.

auch die Erosionskraft des Stock Creek sowie die gesamte Verwitterungskraft des Klimas der Örtlichkeit bei weitem nicht mehr eine so grofse wie in der Quartärzeit, die auch in diesem Falle als die eigentliche Bildungsperiode betrachtet werden mufs.

Dafs der Virginische Naturtunnel mit seinen weitgeöffneten beiderseitigen Ausgängen einen Übergang von den Naturbrücken zu den wirklichen Höhlen mit einseitigem Hauptausgange darstellt, und dafs das thatsächliche Vorhandensein einer solchen Übergangsform unsere Argumentation betreffs der geschilderten Brücken noch weiter zu stützen geeignet ist, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Europäische Naturbrücken von der Art des Prebischthores und des Kuhstalles in der Sächsischen Schweiz haben hinsichtlich ihrer Gestalt sowie hinsichtlich ihrer ästhetischen Wirkung ohne Zweifel eine grofse Ähnlichkeit mit den Naturbrücken von Virginien und Arizona. In ihren sonstigen Verhältnissen, sowie in ihrer Genesis sind sie von denselben aber durchaus verschieden. Hohe Felsgrate krönend, vermitteln sie keinen Übergang über irgend welches Thal, und kein Strom fliefst und flofs jemals durch sie hindurch, so wie auch keine wirklichen Höhlen oder Höhlensysteme mit ihnen in Verbindung stehen. Unterirdische Strom- und Sickerwassererosion und Gewölbseinstürze können also bei ihnen nicht wohl eine Rolle gespielt haben. Sie sind vielmehr durch seitliche Verwitterung und Ausspülung weniger widerstandsfähiger Sandsteinpartien entstanden, nach Art der an der Gegend so zahlreich vorhandenen seitlichen Felsenlöcher und Felsennischen, und von einem strengeren geomorphologischen Standpunkte aus, bei dem man neben der äufseren Form auch das innere Wesen und dio Entstehung berücksichtigt, sollte man sie unseres Erachtens von den echten Naturbrücken unterscheiden und vielleicht lieber Felsenthore als Naturbrücken nennen, wie es ja auch im Falle des Prebischthores seitens des gewöhnlichen Sprachgebrauches mit richtigem Instinkt geschieht.

Zu ihnen gesellen sich auch die Naturbrücken, welche, wie bei den Azoren, bei den Faeroer, bei den Balearen, bei Helgoland etc., an den Steilküsten von Felseninseln durch dio Meeresbrandung geschaffen worden sind. Freilich führen diese über das Wasser hinweg, und wenn auch wohl förmliche Höhlen, so vergesellschaften sich mit ihnen doch öfters tiefer einschneidende Grotten.

Naturbrücken von derselben Art wie die geschilderten amerikanischen sind aber die Naturbrücken der französischen „Causses“ — vor allem der malerische Pont des Arcs, mit einer Höhe von 4 Metern

und einer Spannweite von 6 Metern —, und ebenso auch die Naturbrücken der Krainer Karstgegend. Deren Entwickelungsgeschichte hat zweifellos im grofsen Ganzen denselben Verlauf genommen und dieselben Phasen durchlaufen, wie wir es oben auseinandergesetzt haben, und nur in ihren Gröfsenverhältnissen sowie, in ihrer ästhetischen Wirkung bleiben sie hinter den Naturbrücken von Virginien und Arizona zurück.

Blitzschläge in Beziehung zu Boden und Baumbestand.

Von Dr. Carl Müller in Berlin.

Die oft ausgesprochene Warnung, man solle während eines Gewitters darauf verzichten, unter Bäumen Schutz vor Sturm und Regen zu suchen, beweist durch ihre Volkstümlichkeit, dafs lange Zeit, bevor man die elektrische Natur der Gewittererscheinungen erkannt, ja ehe man überhaupt irgend welchen Einblick in elektrische Vorgänge und Kraftäufserungen erlangt hatte, eine Beziehung zwischen Blitzschlägen und Bäumen feststand. Nachdem dann die Erkenntnis gewonnen war, dafs jeder Blitzschlag im wesentlichen ein Ausgleich in hoher Spannung befindlicher Elektrizitätsmengen sei, suchte man das Einschlagen des Blitzes in Bäume darauf zurückzuführen, dafs der Spannungsausgleich bei Gegenwart verschieden guter Elektrizitätsleiter durch den besten derselben erfolge, ein Vorgang, der noch erleichtert werde, wenn der gute Leiter der Elektrizitätsquelle näher komme, als schlechtere in seiner Nachbarschaft. Andererseits läfst sich die Entladung duroh einen selbst mäfsig gut leitenden Körper erleichtern, wenn die Grenzfläche desselben eine oder mehrere Spitzen aufweist. Man stellte sich demnach vor, dafs, falls eine positiv bezw. negativ geladene Gewitterwolke über einem mit Bäumen bestandenen Boden schwebe, der Boden durch Influenz die entgegengesetzte Elektrizität anhäufe, welche dann an den Spitzen der Bäume die beste Gelegenheit finde, durch die schlecht leitende Luftschicht hindurch sich mit der Elektrizität der schwebenden Wolke auszugleichen.

Es ist nun in der That, wie Dimitrie Jonescu in einer vor mehr als Jahresfrist erschienenen interessanten Arbeit hervorhebt,[1]) eine bemerkenswerte Erscheinung, dafs die Pflanzenphysiologie bisher die Elektrizität erst wenig in den Bereich ihrer Untersuchungen ge-

[1]) „Über die Ursachen der Blitzschläge in Bäume“ im „Jahresheft des Vereins für vaterländ. Naturkunde in Württemberg“, 1893, S. 32—62.

zogen hat. Insbesondere lagen bisher keinerlei exakte Untersuchungen über die Ursachen der Blitzschläge in Bäume vor. Alles, was wir darüber wissen, läuft auf gelegentlich ausgesprochene Ansichten oder auf vage Vermutungen hinaus. Es ist dies um so auffälliger, als die von den Bäumen abhängige Blitzgefahr für jedermann einen Gegenstand unmittelbarsten praktischen Interesses bilden mufs. Andererseits liegt aber dem Physiologen die Entscheidung einer zweiten Frage ob, die Prüfung der schon seit Jahrhunderten behaupteten Angabe, dafs der Blitz gewisse Baumarten verschone, andere Baumarten dagegen mit Vorliebe treffe. So behaupteten die Alten, dafs der Lorbeer vom Blitz überhaupt nicht getroffen werde, weshalb nach Suetonius der Kaiser Tiberius bei Gewittern stets einen Lorbeerkranz trug. Andererseits galt die Eiche als derjenige Baum, welcher am meisten der Blitzgefahr ausgesetzt sei. Ohne Zweifel ist auf diese Erfahrung hin die Eiche als der von dem blitzschleudernden Gotte gleichsam zum Thron auserkorene Baum angesehen worden. Die Eiche spielt ja im Kultus der Druiden und besonders in der germanischen Göttersage als der dem Gotte Donner geweihte Baum eine hervorragende Rolle.[2])

Nach den von den verschiedensten Forschern verzeichneten Beobachtungen von Blitzschlägen ist es nun freilich zweifellos feststehend, dafs alle Bäume vom Blitz getroffen werden können, dafs aber auch in der That eine Bevorzugung gewisser Baumarten unleugbar ist. So stimmen alle neueren Beobachtungen ausnahmslos darin überein, dafs unter gleichen äufseren Verhältnissen z. B. im gemischten Bestande Buchen sehr selten, Eichen aber unverhältnismäfsig häufig Blitzschlägen anheimfallen.

Solche Thatsachen können nur durch eine sichere und mit Verständnis durchgeführte Statistik festgestellt werden. Es wäre deshalb wünschenswert, dafs in erster Linie die Forstverwaltungen alle zur Beobachtung gelangenden Blitzschläge in Bäume unter Berücksichtigung

[2]) Es mag hier auch auf die „schützende Kraft“ des Lorbeers hingewiesen werden, die aus den Versen Ovids hervorgeht. In den Metamorphosen (I. 452 ff.) besingt er das Schicksal der Nymphe Daphne, welche ihren Vater Peneus um die Zusicherung ewiger Jungfräulichkeit gebeten hatte. Apollo, von ihrer Schönheit geblendet, sucht sich ihr zu nähern und verfolgt schliefslich die vor ihm fliehende Nymphe, bis diese der Erschöpfung durch die Flucht erliegend im letzten Momente dem drohenden Schicksal entgeht, indem sie in einen Lorbeerbaum verwandelt wird, welchen Apollo fortan sich selbst weiht: . . . . „At coniunx quoniam mea non potes esse, arbor eris certo mea.“ Zugleich spricht er diesem Baume die Macht zu, selbst der Eiche vor dem Blitze Schutz gewähren zu können (. . . mediamque tuebere quercum).

der obwaltenden Umstände (ob geschlossener oder gemischter Bestand, Bodenbeschaffenheit, Grundwasserverhältnisse u. dergl.) aktenmäfsig aufzeichneten. Bisher ist dies nach den Mitteilungen von Jonescu in der wünschenswerten Art, wie es scheint, nur von der fürstlich Lippe-Detmoldschen Forstdirektion seit 1874 geschehen.

Aus den statistischen Aufnahmen der genannten Forstverwaltung ergiebt sich als Mittel aus den zur Kenntnis gebrachten Blitzschlägen aus den Jahren 1879 bis 1890, dafs etwa 56 Eichen, 3 bis 4 Fichten und 20 bis 21 Kiefern getroffen werden, ehe einmal eine Buche vom Blitzstrahl heimgesucht wird!

Es ist aber hierbei stillschweigend vorausgesetzt, dafs Eichen, Fichten, Kiefern und Buchen in völlig gleicher Verteilung auf dem Beobachtungsgebiete vorhanden sein müfsten, während in Wirklichkeit daselbst die Buchen so vorherrschen, dafs auf 100 Bäume etwa 70 Buchen, 11 Eichen, 13 Fichten und 6 Kiefern kommen. Mit Zugrundelegung dieser Prozentverhältnisse stellt sich die unverhältnismäfsig hohe Blitzgefahr, welcher die Eichen unterliegen, noch viel auffälliger heraus.

Man könnte sich mit diesem statistischen Ergebnis gewifs zufrieden geben, wenn man lediglich eine praktische Regel bezüglich des Schutzes gegen Blitzgefahr daraus ziehen wollte. Die Forschung wird aber erst darin ihre Befriedigung finden, dafs sie den Ursachen so merkwürdiger Thatsachen nachspürt.

Zunächst steht es aus den bekannt gewordenen Mitteilungen fest, dafs die Bodenverhältnisse auf die Blitzgefahr, welcher die Bäume ausgesetzt sind, einen unverkennbaren Einflufs haben. Auf nassem Untergrunde stehende Bäume werden besonders oft vom Blitz getroffen. Mit dieser Thatsache steht die Erscheinung im Einklang, dafs auf dem für Wasser undurchlässigen Lehmboden die gröfste Prozentzahl der Blitzschläge in Bäume statt hat.

Man glaubte, diese Erscheinung darauf zurückführen zu können, dafs die tiefgehenden Wurzeln der Bäume die feuchte und deshalb die Elektrizität besser leitende Erdschicht treffen oder durchsetzen, wodurch dann eine bessere Leitung zwischen Baum und Erde vermittelt werde. Nach dieser Annahme gliche ein Baum bei einem Gewitter einem zum Himmel aufstrebenden Konduktor, welcher sich vom Boden aus mit der bezüglich der Gewitterelektrizität ungleichnamigen Elektrizität lade, und zwar um so eher, je feuchter der Untergrund und je tiefere Bewurzelung dem Baume eigentümlich ist. Damit glaubte

man dann auch die Bevorzugung bezw. die Verschonung einzelner Baumarten für aufgeklärt halten zu dürfen.[3])

Dieser plausibel erscheinenden Erklärung gegenüber hat schon Caspary[4]) den Einwand erhoben, dafs wir über die Tiefe der Bewurzelung unserer Bäume noch recht wenig Zuverlässiges wissen; am allerwenigsten aber vermögen wir Auskunft zu geben, ob Bäume mit tief gehenden Wurzeln wirklich öfter vom Blitz getroffen werden, als Nachbarbäume mit wenig tief gehender Bewurzelung. Hier läfst uns alle Statistik leider im Stich, und die Erklärung des Herrn von Voss wird damit eine reine Hypothese.

In zweiter Linie lag es nahe, die Beschaffenheit der Bäume selbst, ihre mehr oder weniger grofse Leitfähigkeit für die Elektrizität zur Erklärung der Thatsachen ins Feld zu führen. Steht eine an sich besser leitende Baumart zwischen anderen schlechter leitenden, so haben wir der Gewitteratmosphäre ungleich günstige Konduktoren für den Elektrizitätsausgleich dargeboten. Der Blitz wird also mit Vorliebe den besten Leiter heimsuchen, unter Umständen sogar dann, wenn dieser beste Leiter die schlechteren Leiter an Höhe nicht einmal übertrifft oder erreicht, sondern selbst beträchtlich hinter ihnen zurücksteht. Es würde dies in Einklang stehen mit den Angaben von Pechuel-Loesche,[5]) nach welchen in der Umgebung des im Erosionsthale der Saale gelegenen Jena im grofsen und ganzen die Blitzschläge in die locker mit Erlen, Pappeln und Weiden bestandene Aue gehen, während die Ränder und Gipfel der Erhebungen zu beiden Seiten des Flufsthales so gut wie völlig verschont bleiben, obwohl dieselben vereinzelt von Stangen, hohen Masten und halbwüchsigen Bäumen überragt werden.

Dafs nichts desto weniger auch schlechtere Leiter neben Gegenständen von höherer Leitfähigkeit vom Blitze getroffen werden können, ist nicht ausgeschlossen. In Bezug auf die Blitzgefahr kommen die Unterschiede in der Leitfähigkeit in dem Grade weniger zur Geltung, je höher die elektrische Spannung steigt.

Geht man von diesem Gesichtspunkte aus, so wird die Frage der ungleichen Blitzgefahr unter Bäumen verschiedener Art aus exakten Versuchen über die Leitfähigkeit der verschiedenen Holzarten beant-

[3]) Vergl. hierzu v. Voss im „4. Jahresber. der Gesellsch. von Freunden der Naturwissenschaften in Gera". 1861, S. 55.

[4]) Vergl. Schriften der Kgl. physik.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg i. Pr. XII. Jahrg. S. 81.

[5]) Vergl. die Zeitschrift: „Das Ausland", 1891, No. 38, S. 748—749.

wortet werden müssen. Solche Versuche waren am eingehendsten von Du Moncel[6]) angestellt worden, hatten aber negativen Erfolg. Die Beobachtungen lieferten so aufserordentlich schwankende Zahlenwerte, dafs Du Moncel selbst die Möglichkeit zuverlässiger Messungen unter Darlegung der Schwierigkeiten bezweifelte.

Nur eine Thatsache ist bis jetzt über die Leitfähigkeit der Hölzer für den elektrischen Funken durch Villari[7]) festgestellt worden, dafs trockene Hölzer die Elektrizität in der Richtung der Holzfaser weit besser leiten, als in der dazu senkrechten Richtung, ein Ergebnis, welches Caspary auf Grund von Versuchen mit frischem Lindenholz und trockenem Fichtenholz dahin erweiterte, dafs das Holz in longitudinaler, radialer und tangentialer Richtung verschieden gut leite. Die Spannungen, welche die elektrische Entladung durch das Holz hindurch zu bewirken im stande waren, entsprachen verschiedenen Funkenschlagweiten.

Die fortgeschrittene Kenntnis von den physiologischen Funktionen des Holzes setzten nunmehr Jonescu in den Stand, die Untersuchungen über die Leitfähigkeit der verschiedenen Holzarten mit Erfolg fortzusetzen. Er prüfte jedoch die Leitfähigkeit nicht wie Villari und Caspary auf galvanometrischem Wege, sondern er experimentierte mit dem elektrischen Funken. Unter Berücksichtigung der anatomischen, chemischen und physiologischen Verhältnisse der untersuchten Holzarten wurde die elektrische Spannung ermittelt, welche notwendig ist, um gegebene Längen annähernd gleich beschaffener Holzstücke zu durchschlagen. Die beobachtete Spannung ist hierbei dem „Leitungsvermögen für den elektrischen Funken" proportional angesehen worden, gleichgültig, ob dieses „Leitungsvermögen" dem galvanischen Leitvermögen direkt proportional ist oder nicht.

Neuerdings hat nun Jonescu den physikalischen Teil seiner Untersuchungen in den „Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft", Bd. XII, 1894, S. 129—136, bekannt gegeben. Bei dem hohen Interesse, welches die Untersuchungen in weiten Kreisen erwecken dürften, ist es daher angezeigt, hier in Kürze auf die Versuchsanstellung näher einzugehen.

Schon Lane hat die Methode angewandt, die in der nach ihm benannten Flasche angehäufte Elektrizitätsmenge und damit die Spannung nach Umdrehungen der Elektrisiermaschine zu messen. Er entdeckte

[6]) Vergl. Annales de Chimie et Physique. 5. sér. T. X. S. 471.

[7]) Vergl. Poggendorfs Annalen der Physik. Bd. 133, S. 418 ff.

bekanntlich hierdurch das Gesetz, dafs die Schlagweite einer Flasche von der lokalen Dichtigkeit der Elektrizität abhängt. Wenn auch der Laneschen Methode eine gewisse Genauigkeit der Messung abgeht, so erweist sie sich für die vorliegende Untersuchung doch als genügend. In den Jonescuschen Untersuchungen handelt es sich um Spannungsdifferenzen von 30000 Volt und mehr. Solche Differenzen gestatten aber keine feinere Messung.

Jonescus Methode beruht auf der Einschaltung einer Mafsflasche mit Funkenmikrometer, von welcher aus eine grofse Leydener Flasche geladen wurde. Das Mafs für die Ladung der letzteren ergiebt sich dann bekanntlich aus der Zahl der an dem Funkenmikrometer überspringenden Funken. Als Elektrizitätsquelle diente eine gröfsere Holtzsche Influenzmaschine.

Die Entladung geschah in der Weise, dafs zwischen zwei zur Veränderung der Funkenstrecke verschiebbar aufgestellten Konduktoren Holzstücke von bestimmter Länge eingeschaltet wurden. Bei genügender Spannung fand dann eine kräftige Entladung durch das Versuchsstück statt. Für jedes eingeschaltete Holzstück wurde beobachtet, wie viel Funken der Mafsflasche bei bestimmter Stellung des Funkenmikrometers zum mindesten übergehen mufsten, damit eine mit Beschädigung des Holzstückes verbundene Entladung stattfand. Um die gewonnenen Resultate vergleichbar zu machen, wurden die Holzstücke genau von gleicher Länge und möglichst von gleichem Querschnitt ausgewählt und bei konstantem Abstande der Konduktoren durchschlagen.[*])

In der ersten Versuchsreihe dienten thunlichst gleich beschaffene Stücke lebenden Splintholzes von Buche und Eiche, welche in der Längsrichtung der Fasern durchschlagen wurden. Es zeigte sich dabei, dafs das Eichenholz schon bei 1—3 Umdrehungen der Influenzmaschine durchschlagen wurde, während derselbe Effekt beim Buchenholz mindestens 12, manchmal sogar 20 Umdrehungen erforderte. Es gab also schon die Zahl der Umdrehungen ein Mafs für die zum Durchschlagen der Holzstücke erforderliche Spannung ab.

Hatten die allerneuesten Versuche bestätigt, was die Statistik kennen gelehrt hatte, dafs die Eiche der elektrischen Blitzentladung viel leichter zugänglich ist als die Buche, so deckten analoge Versuche mit dem Holz der Schwarzpappel und der Saalweide eine überraschende Thatsache auf. Bei beiden Hölzern genügten wenige Um-

[*]) Die Stücke waren 5 cm lang und hatten 10 bis 12 mm Durchmesser.

drehungen der Maschine (höchstens 5), um unter sonst gleichen äufseren Versuchsbedingungen die Holzstücke zu durchschlagen.

Es lag nun durchaus nahe, die Leitfähigkeit der frischen Hölzer mit ihrem Wassergehalt in Verbindung zu setzen. Nach den Untersuchungen von Schübler und R. Hartig stellt sich aber heraus, dafs frisch gefälltes Holz der Schwarzpappel 51,8 %, der Buche 39,7 %, der Eiche 35,4 %, der Saalweide 26,0 % Wasser enthält. Wäre der Wassergehalt für die elektrische Leitfähigkeit ausschlaggebend, so hätte die Schwarzpappel am leichtesten durchschlagen werden müssen, die Buche etwa ebenso leicht wie die Eiche (eher die Buche noch leichter), die Weide am schwierigsten. Das Versuchsergebnis stellt sich aber für Pappel und Weide als gleich heraus, obwohl deren Wassergehalt sich nahezu wie 2 : 1 verhält; und das wasserärmste Holz, das der Eiche, wurde am leichtesten durchschlagen!

Die Leitfähigkeit des lebenden Holzes für den elektrischen Funken ist demnach unabhängig vom Wassergehalt.

Die Untersuchung wurde nunmehr auf das Holz der verschiedensten Laub- und Nadelbäume (Linde, Ahorn, Hasel, spanischer Flieder, Rüster, Weifsdorn, Vogelbeere, Esche, Wallnufs, Birke, Fichte, Kiefer, Lärche, Wachholder, Taxus, Lebensbaum) ausgedehnt, und jedes verwendete Holzstück auf seine chemische und anatomische Beschaffenheit geprüft. Hier stellte sich nun das überraschende Ergebnis heraus, dafs die elektrische Leitfähigkeit für den elektrischen Funken davon abhängig ist, ob das Holz in seinen lebenden Elementen Fette (Öle und Harze) aufgespeichert enthält, oder ob an Stelle solcher Stärke oder Traubenzucker, d. h. Kohlenhydrate im Holzkörper abgelagert worden sind. Fettes Öl ist ein schlechter Elektrizitätsleiter und dementsprechend konnte festgestellt werden:

Das Holz der lebenden Bäume ist in allen Fällen ein um so schlechterer Elektrizitätsleiter, je reicher dasselbe an Fetten (Öl oder Harz) ist. Das fettarme frische Holz der Stärke speichernden Bäume leitet dagegen die Elektrizität relativ gut, ohne erhebliche Unterschiede je nach der Holzart aufzuweisen.

Über die Verteilung der Fette und der Stärke im Holz der Bäume liegen bereits wertvolle Untersuchungen, besonders von Alfred Fischer und Suroz, vor. Aus ihren Angaben geht hervor, dafs Öl- und Stärkegehalt in den Bäumen je nach der Jahreszeit wechseln. Die Stärke wird beim Knospenaustrieb in Traubenzucker verwandelt,

welcher den jungen Trieben und dem neugebildeten Holze als Nährstoff zugeführt wird. Im Herbst findet dann wieder eine Aufspeicherung von Stärke für den nächstjährigen Knospenaustrieb statt. Bei den fettreichen Bäumen beobachtet man aber, dafs im März statt des Öles oft Stärke vorübergehend auftritt.

Unter Zugrundelegung dieser Gesichtspunkte lassen sich die Bäume unterscheiden als:

1. Fettbäume, deren Holz stets reich an Öl ist. Zu ihnen gehört die Buche und der Wallnufsbaum und nicht minder der Lorbeer.

2. Fettbäume, welche während des Sommers arm an Fett sind. Zu ihnen gehört die Kiefer.

3. Fettbäume, welche im Winter hinter den typischen Fettbäumen zurückstehen, im Sommer jedoch diejenigen der zweiten Kategorie an Fettreichtum weit übertreffen. Zu ihnen gehört die Fichte.

4. Stärkebäume, deren Holz und Mark vom Herbst bis zum Mai unverändert Stärke führt, welche später in Traubenzucker übergeht. Zu ihnen gehört die Eiche.

5. Stärkebäume, deren Stärke sich im Frühjahr (Mai) zum grofsen Teile in Fett verwandelt. Zu ihnen zählt die Linde.

Für die Beurteilung der Blitzgefahr kommt es selbstverständlich in erster Linie auf die Zeit der häufigeren Gewitter, also auf die wärmere Jahreszeit, insbesondere auf den Sommer an. Diejenigen Fettbäume, welche auch während des Sommers reich an Öl sind, sind in hervorragendem Mafse gegen Blitzschlag gesichert. Dagegen werden solche Fettbäume, welche in der Gewitterzeit arm an Öl sind, besonders aber die Stärkebäume, von Blitzschlägen bedroht.

Ein äufserst lehrreiches Beispiel hierzu bietet die Kiefer. Dieser Baum wird bei uns in Sommergewittern verhältnismäfsig oft getroffen, während er in Ländern mit vorherrschenden Wintergewittern (in Irland und Norwegen) stets verschont bleibt. Hiermit stimmt Jonescus Versuchsergebnis überein. Im Winter war etwa die doppelte elektrische Spannung zum Durchschlagen der Holzstücke nötig, wie bei annähernd gleichen Holzstücken in den Sommerversuchen; und die mikrochemische Untersuchung erweist im Winter viel fettes Öl in feiner Verteilung, das im April verschwindet, um einem Gehalt an Traubenzucker und Stärke Platz zu machen.

Eine Bestätigung seiner Resultate erhielt übrigens Jonescu

nicht nur durch die sorgfältige Statistik der Lippe-Detmoldschen Forstdirektion, sondern auch experimentell dadurch, dafs das Holz typischer Fettbäume (Buche und Wallnufs) ebenso leicht durchschlagen wurde wio das Holz typischer Stärkebäume, wenn ersterem künstlich durch Ausziehen mit Äther das Öl genommen wurde.

Die Jonescuschen Versuche haben endlich noch nach anderen Richtungen interessante Ergebnisse zu Tage gefördert.

Zunächst konnte die schon im Jahre 1858 von Ferdinand Cohn aufgestellte Behauptung bestätigt werden, dafs wenigstens bei schwachen Entladungen das Cambium (der sogenannte Lebensring des Baumes) sich als der beste Leiter herausstellt. Rinde und Holz bleiben vorerst völlig unberührt. Nun ist aber die Cambiumschicht mikroskopisch dünn; sie wird also bei heftigen elektrischen Entladungen für die grofsen Elektrizitätsmengen eine unzureichende Leitungsbahn bilden. Es wird dann eben das Holz als der mächtigst entwickelte Teil des Baumes den Entladungsstrom zur Erde ableiten. Hierbei kommt eben auch der Fett-, bezw. der Stärkegehalt als ausschlaggebender Faktor zur Geltung. Die Cambialsäfte aller Bäume dürften wesentlich von gleicher Beschaffenheit sein, also keine erheblichen Unterschiede in der Leitfähigkeit bedingen.

Ebenso erwies sich die Belaubung als ein äufserst schlechter Leiter. In den Versuchen zeigt sich, dafs äufserlich trockene lebende Blätter schlechter leiten als Luft. Nur benetzte Blätter leiten besser. Hieraus erklärt Jonescu die bekannte Thatsache, dafs die belaubten Baumkronen bei Blitzschlägen meist verschont bleiben, oder dafs sie doch vorwiegend nur bei starkem Regen von der unmittelbaren Blitzwirkung betroffen werden. In den weitaus meisten Fällen trifft der Blitz nicht die höchste Spitze des Wipfels, sondern gewöhnlich den Stamm innerhalb oder unterhalb der Krone.

Hierbei ist noch zu bemerken, dafs unverhältnismäfsig häufig abgestorbene Äste den Eintritt bezw. den Austritt der elektrischen Strombahn in den Baum auf sich lenken, während grüne Äste durchschnittlich selten betroffen werden. Eine teilweise Erklärung bieten auch hier die Jonescuschen Versuche. Sobald nämlich mit frischen Ästen experimentiert wurde, an welchen sich abgestorbene Zweige befanden, sprang der Entladungsfunke nicht auf das sich der Entladung zunächst darbietende frische Holz, sondern stets auf die abgestorbenen Zweigstücke über. Sowohl bei Fett- wie bei Stärkebäumen leitet das lebende Holz schlechter als das abgestorbene.

Es ergiebt sich hieraus die praktische Regel, dafs Bäume mit abgestorbenen Ästen einer gröfseren Blitzgefahr ausgesetzt sind. Ein innerer Grund hat sich für diese Erscheinung noch nicht ausfindig machen lassen, ebensowenig wie für die Thatsache, dafs in zahlreichen Fällen der Blitz abgestorbene Äste bezw. den Stamm in auffallend geringer Höhe über dem Erdboden trifft.

Wir möchten die Wiedergabe der schätzenswerten Untersuchungen Jonescus nicht abschliefsen, ohne noch einer Erwägung Raum zu geben, welche vielleicht auf das Eintreten bezw. Austreten des elektrischen Stromes unterhalb der Krone bezw. am Stamme einiges Licht wirft. Es handelt sich ja bei allen Blitzschlägen um die plötzliche Entladung einer sehr grofsen Elektrizitätsmenge von zugleich sehr hoher Spannung. Nehmen wir nun an, — und dagegen liegt wohl kein Einwand vor — dafs die Leitungsfähigkeit des Holzes eines Baumes an der Basis dieselbe sei wie die des Holzes in der Krone und deren Ästen, so ergiebt doch die beträchtliche Dickenabnahme nach oben hin eine bedeutende Abnahme des Stromquerschnittes, woraus mit Notwendigkeit eine Stromhemmung, eine Vermehrung des Widerstandes folgen mufs. Steigert sich nun der Widerstand im sich verjüngenden Stamme oder im Aste soweit, dafs er gröfser wird, als der von der Atmosphäre geleistete Leitungswiderstand sein würde, so wird die Elektrizitätsmenge ihren Weg unter Verlassung ihrer bisherigen Strombahn durch die Atmosphäre wählen.

Wir glauben selbstverständlich nicht, dafs mit den gewonnenen Ergebnissen die Frage nach den Beziehungen der Blitzschläge zu den Baumarten nach allen Richtungen hin erschöpfend behandelt sei. Wir hoffen dagegen mit Zuversicht, dafs die Jonescuschen Untersuchungen durch die neuen Gesichtspunkte, auf welche sie hinlenken, einen neuen Impuls zu weiteren Forschungen geben werden, welche dazu beitragen mögen, an die Stelle geheimnisvollen Schauerns angesichts grollender Gewitterstürme die Bewunderung bekannter Naturgesetze treten zu lassen.

Mittheilungen

Irdisches Helium.

Als die Spektral-Analyse ihr Dasein begann, war es zunächst der Nachweis, dafs auf den himmlischen Körpern dieselben chemischen Grundstoffe, die auf der Erde vorhanden sind, sich mit Hilfe derselben nachweisen lassen, welcher den Gelehrten Vertrauen zu der neuen Lehre einflöfste. Später gelang es, in gewissen irdischen Körpern neue, noch unbekannte Elemente durch ihr Spektrum zu erkennen, die sich später von den anderen Elementen, an die sie gebunden waren, getrennt erhalten liefsen.

Unter den zahllosen Linien, welche die verfeinerten Spektroskope unserer Tage in dem Sonnenspektrum erkennen lassen, sind aber eine grofse Menge, welche bisher nicht gedeutet werden konnten, weil auf der Erde keine Elemente bekannt sind, für welche jene Linien charakteristisch wären. Für eine nicht geringe Anzahl dieser bisher unbekannten Linien ist es nun ganz neuerdings gelungen, ein entsprechendes irdisches Element nachzuweisen, und zwar ist es kein anderer als der Entdecker des Argon, Prof. Ramsay, dem wir auch die Auffindung dieses neuesten Elementes, des Heliums, verdanken. Wir haben hier das erste Beispiel eines zuerst auf einem Himmelskörper aufgefundenen chemischen Körpers, welcher später von dort zur Erde herabgeholt wurde, und damit hat das Spektroskop sich zu einer völlig neuen Aufgabe befähigt erwiesen.

Die Entdeckung des Argon hatte einmal das Vertrauen der Chemiker in die auf ihre Untersuchungsmethoden gegründete Bekanntschaft mit der Natur der irdischen Körper stark erschüttert, andererseits aber erschien es wunderbar, dafs das neue Element nur eben in der Lufthülle, und zwar hier in beträchtlichem Mafse vorhanden sein und bei der Bildung der starren Teile des Erdkörpers ganz unbeteiligt sein sollte.[1])

[1]) Über das Argon ist seit unserer letzten Mitteilung wenig mehr bekannt geworden. Prof. Berthelot in Paris, dem jetzigen Minister, ist es

Da die bekannteren Minerale bei der Suche nach dem neuen Gase wenig Erfolg versprachen, so wandte Prof. Ramsay gleich zuerst ein seltenes Mineral, das Cleveït, an, welches bei Carlshuns in Norwegen von Nordenskjöld entdeckt wurde und seinen Namen nach dem Mineralogen P. F. Clève führt. Seine Zusammensetzung war nur ungefähr bekannt: man wufste, dafs uransaures Blei und seltene Erden in ihm enthalten seien, aus der Gruppe derjenigen, die in norwegischen Mineralien entdeckt wurden (Cer-, Lanthan- Didym- und Yttererde.) Es hiefs aufserdem, dafs das Mineral beim Erhitzen mit Schwefelsäure 2 % eines Gases abgab, das man bislang für Stickstoff erklärt hatte. Vielleicht mochte in dem Gase Argon enthalten sein, das ja dem „atmosphärischen Stickstoff" so hartnäckig anhaftet.

Als nun Ramsay eine Mischung des Minerals mit doppelt schwefelsaurem Kali in einer Verbrennungsröhre erhitzte, wurde in der That ein Gas abgegeben, das über rot glühendes Kupfer geleitet und über einer konzentrierten Kalilösung angesammelt wurde. Schon die erste Prüfung des Gases mit dem Spektroskop zeigte, dafs es nicht Stickstoff sei und höchstens Spuren von Argon enthielt. Denn man erkannte eine sehr helle gelbe Linie, nahe bei der bekannten Doppellinie D_1 und D_2, welche dem Natrium entspricht und z. B. durch Kochsalzspuren überall hervorgerufen worden kann. Die neue mit D_3 bezeichnete Linie fiel, wie der berühmte Spektralforscher Crookes sehr bald nachweisen konnte, etwas weiter nach dem brechbaren Ende des Spektrums hin, als die Natrium-Doppellinie. Diese D_3-Linie war nun vorher bereits in der als Chromosphäre bezeichneten Aufsenschicht der Sonne gesehen und von Frankland und Lockyer einem hypothetischen Elemente, dem Helium, zugeschrieben worden [2]). Somit war wahrscheinlich gemacht, dafs das Cleveïtgas mit

wenigstens geglückt, das so träge Gas mit anderen Elementen in Verbindung zubringen. Indem er eine Mischung von Argongas mit Benzindampf einer ruhigen elektrischen Entladung unterwarf, und auch indem er das Gas zwang, sich mit Schwefelkohlenstoff und Quecksilber unter ähnlichen Umständen zu verbinden, hat er Kohlenwasserstoff-Verbindungen des Gases erlangt. Aus den erlangten Verbindungen, deren Menge zu gering war, um ihre quantitative Zusammensetzung zu erkennen, gelang es B., das Argon wieder frei zu machen. Auch Prof. Ramsay scheint eine Kohlenstoffverbindung erhalten zu haben, indem er zwei dünne Kohlenstäbe in das Gas einführte und dazwischen eine elektrische Entladung vor sich gehen liefs.

[2]) Es ist interessant, an die folgende Bemerkung W. B. Carpenters zu erinnern, die er in seiner Adresse an die Br. Ass. 1872 aussprach: „Jene Vermutung von F. und L., sagt er, ruht auf einem recht unsicheren Boden, bis sie jenen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangt haben wird, der im Falle der Crookesschen Untersuchungen über das Thallium durch die wirkliche Ent-

dem solaren Elemente Helium identisch sei. Inzwischen haben sowohl Prof. Ramsay wie seine Kollegen sich eifrig auf die Suche nach solchen Mineralien begeben, an deren Bildung das neue Element ebenfalls beteiligt zu sein versprach. Sie fanden auch in der That Spuren davon in solchen Körpern, die aus Uran-, Yttrium- und Thoriumsalzen bestanden, konnten aber nicht feststellen, ob seine Existenz an die eines bestimmten unter den genannten Elementen gebunden sei. Aufser dem Cleveït waren es die seltenen Minerale Bröggerit und Uraninit, die noch die beste Ausbeute an „Sonnengas" lieferten; schliefslich bietet sich das weniger seltene Mineral Monazit, ein Gemenge von phosphorsauren Cer-, Lanthan- und Thorsalzen (ohne Uran), als relativ billigste Heliumquelle dar. Schon die Kostspieligkeit der benutzten Minerale, sodann die geringe Ausbeute, die sie ergaben, hat es bisher verhindert, Helium in gröfserer Menge herzustellen. Meist zeigte es sich noch mit Wasserstoffgas gemengt und mufste von diesem dadurch befreit werden, dafs man Sauerstoff einführte und elektrische Funken durchschlagen liefs. Der Überschufs an Sauerstoff konnte durch Absorption in pyrogallussaurem Alkali entfernt werden. So war das reine Gas ohne Materialverschwendung erhältlich. Es hat sich aufserdem noch beim Erhitzen eines Meteoritenstückchens im luftleeren Raume nachweisen lassen, welches in Virginia aufgefunden wurde, und zwar mit Argon derart gemengt, dafs das Helium fast von diesem verdeckt war. Dies ist übrigens das erste Beispiel für die Existenz aufserirdischen Argons, dessen Spektrallinien ja weder im Sonnenspektrum, noch in dem eines anderen Himmelskörpers bisher gefunden wurden.

Die Dichte des neuen Gases, deren Bestimmung trotz der geringen Mengen durch eine empfindliche Wage von Örtling ermöglicht wurde, erwies sich zu 2,2, d. h. Helium ist etwa doppelt so schwer als Wasserstoff und wiegt nur den $6\frac{1}{2}$. Teil des gleichen Luftvolumens. Auch dieses Gas ist wie das Argon einatomig, denn das Verhältnis der spezifischen Wärme bei beständigem Druck zu derjenigen bei beständigem Volum erwies sich zu 1,64 im Durchschnitt, also der theoretischen Zahl 1,66 sehr nahe, und jedenfalls weit gröfser, als es für ein zweiatomiges Gas sich ergeben würde (1,4). Es löst sich nur in sehr geringem Mafse im Wasser: bei 17,2° C. werden nur 0,73% absorbiert — die niedrigste Zahl, welche bisher für die Löslichkeit eines

deckung eines neuen Metalles geliefert wurde, das ihm durch eine Spektrallinie angedeutet schien, die keiner damals bekannten Substanz zugeschrieben werden konnte." Auch die dunkle D_3-linie ist übrigens von Prof. Young öfter in der Halbschattenregion aktiver Sonnenflecke gesehen worden.

Gases gefunden wurde. Mit der Frage, bei welcher Temperatur das neue Gas in den flüssigen Zustand übergeführt werden könne, und ob es sich überhaupt soweit komprimieren lasse, ist Prof. Olszewski in Krakau noch beschäftigt. Prof. Ramsay meint, dafs diese Temperatur mit dem Atomgewicht des Gases zusammenhänge, also etwa so tief, wie der Siedepunkt des Wasserstoffs liegen werde, dem es darin am nächsten kommt. Auch die Einatomigkeit scheint diesen Punkt zu erniedrigen. Kein Körper liefs sich bisher zu einer chemischen Verbindung mit dem neuen Gase bringen, das hierin dem Argon nahe steht und es noch übertrifft. Daher wird es auch seiner Entdeckung sich so lange haben entziehen können.

Mit Argon und Helium sind wir sonach schon wegen ihrer Einatomigkeit — die freilich von Mendeléjeff trotz der Ergebnisse der spezifischen Wärme bezweifelt wird — zu einer ganz neuen Klasse von chemischen Elementen gelangt. Ist Helium ein Element, wie es das Argon ist, so haben wir in dieser Reihe von Körpern diejenigen mit den Atomgewichten 4,3 und 39,8 bisher gefunden.

Es sind allerdings Anzeichen vorhanden, dafs wir es im Heliumgase nicht mit einem Elementarkörper, sondern mit einem Gemenge aus zwei solchen zu thun haben. Darauf weisen wenigstens die Spektral-Untersuchungen, denen wir uns jetzt zuzuwenden haben.

Es ist kaum einer unter den Forschern, welche über empfindliche Spektral-Apparate verfügen, der nicht einen Beitrag zur Erkenntnis des neuen Gases geliefert hätte.

Ist die D_3-Linie im Heliumspektrum ganz besonders hell, so fehlen ihm doch nicht andere hellere und schwächere Linien, wie bereits Lockyer im Mai der Royal Society mitteilen konnte. Er fand bereits, dafs zwei von den Argonlinien mit solchen des Heliums übereinstimmten, nur dafs sie im Argonspektrum sehr wenig, in dem des Helium sehr stark hervortraten. Aber mindestens 16 leicht sichtbare Linien waren in der Heliumröhre allein vorhanden, darunter die helle gelbe Linie. Ramsay hatte damals den Gedanken, dafs das atmosphärische Argon von dem vielleicht mit dem Helium vermengten verschieden sei, etwa einen besonderen Bestandteil enthalte. Sodann gelang es Prof. Thalèn, dem genauen Kenner des Sonnenspektrums, eine Reihe neuer Linien im Cleveïtgase zu entdecken, die Lockyer nicht zu sehen vermocht hatte. In der Chromosphäre der Sonne kennt man eine grofse Anzahl heller Linien; aber nicht immer werden sie alle gesehen, nur 11 sind, wie der Spektralforscher Deslandres in Paris nachweist, jedes einzelne Mal gesehen worden. Von diesen ge-

hören 5 dem Wasserstoff, zwei dem Calcium an, von den anderen aber gehören zwei sicher dem Cleveïtgase an, während auch eine Anzahl weniger oft gesehener chromosphärischer Linien durch das Heliumspektrum erklärbar sind. Eins war freilich merkwürdig: bei genauerem Zusehen erwies sich die D_3-Linie des irdischen Spektrums als doppelt, wie Prof. Runge und Paschen in Hannover mit einem feinen Rowlandschen Gitter beweisen konnten. Die D_3-Linie der Sonne aber hatte man bisher für einfach gehalten. Nun ist es gerade neuerdings sowohl Prof. Hale in Chicago als auch Dr. Huggins in London geglückt, die Doppelnatur der Sonnenlinie D_3 über allen Zweifel zu stellen. Andererseits konnten Runge und Paschen durch Laboratoriumsversuche feststellen, dafs die Duplizität der irdischen D_3-Linie unter gewissen Umständen verwischt werde. Läfst man nämlich durch eine mit Cleveïtgas unter einem Druck von $^1/_2$ Atmosphäre gefüllte Röhre die elektrischen Funken eines Induktionsapparates schlagen, die bei Einschaltung einer Leydener Batterie einzeln und getrennt auftreten, so erscheinen jene gelben D_3-Linien verwaschen, während sie scharf und getrennt gesehen wurden, sobald an die Stelle der Funkenentladung die Glimmentladung trat. War damit auch dieser Einwand beseitigt, welcher der Identität des himmlischen mit dem irdischen Gase noch entgegengestellt werden konnte, so gelang es Runge und Paschen im Verlaufe einer exakten Untersuchung über die Natur des Gases zu noch wertvolleren Resultaten zu gelangen. Die Frage, ob im Cleveïtgase ein einziges Element vorhanden sei, welche Lockyer bereits verneinen zu müssen geglaubt hatte, läfst sich nach einer von Runge gemeinsam mit Prof. Kayser in Bonn aufgestellten Theorie in Angriff nehmen. Nach dieser[3]) gehorchen die Linien, welche das Spektrum eines Elementes bilden, einem bestimmten Plane, derart dafs, wenn man zwei von diesen Linien kennt, man bereits erschliefsen kann, an welchen Stellen des Spektrums die folgenden zu suchen sind, deren Intensität freilich abnimmt, je geringer ihre Wellenlänge wird. Die beiden starken Linien D_3 und die violette, welche nach Deslandres sicher Heliumlinien der Chromosphäre darstellen, sind nun nach Runge und Paschen in der That nur die ersten in einer ganzen „Serie“, die dem aufgestellten Gesetze gehorchen. Zudem zeigte es sich, dafs nicht nur die gelbe Linie D_3 doppelt war, sondern auch die violette, und ebenso die 5 folgenden, welche die Photographie zunächst tief ins Ultraviolett hinein zu verfolgen ge-

[3]) H. u. E. Bd. VI S. 334 ff.

stattete. Die 8. bis zur 13. Linie, die auch noch im Photogramm zu sehen sind, waren freilich schon zu schwach, als dafs sie ihre Doppelnatur hätten verraten können, sie waren nur bei siebenstündiger Exposition auf der Platte sichtbar zu machen. Mit dem Bolometer aber ist es den Gelehrten gelungen, noch an den beiden folgenden Stellen, welche die Theorie ergiebt, deutlich ein Anschwellen der Wirkung des Spektrums, also eine Linie zu erkennen. Diese Heliumlinien gehören also offenbar derart zusammen, dafs sie nur einem Elemente zukommen können, das seiner Natur nach dem Wasserstoff am nächsten kommt. Da andererseits im Cleveïtgase noch mehr Linien sich zeigen und das Spektrum des Heliums bisher ohne Analogon ist, indem zwei Doppelreihen an derselben Stelle endigen, so neigen die Forscher der Ansicht zu, dafs das „Helium“ aus zwei Elementen bestehe, die etwa die Atomgewichte 3 und 5 haben, also das Dreifache resp. Fünffache des gleichen Wasserstoffvolums wiegen. Eine Anzahl der von Runge und Paschen gefundenen Linien sind von Deslandres in der Chromosphäre der Sonne gefunden worden. Prof. Arthur Schuster hält übrigens diesen Beweis nicht für bindend, weil aus blos spektroskopischen Beobachtungen noch kein Schlufs auf die Zusammensetzung eines Gases gezogen werden sollte, schon weil im Falle von Natrium, Quecksilber und Sauerstoff die Spektra des leuchtenden Gases von den Absorptionsspektren sehr verschieden sind.

Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, warum man das Helium zwar in der Sonnenhülle, aber nicht in der irdischen Lufthülle, das Argon dagegen in dieser, nicht aber bisher auf der Sonne hat entdecken können. Die Antworten sind freilich recht unsicher, nicht viel mehr als interessante Vermutungen. Sicher ist, dafs das Argonspektrum vollständig verdeckt wird, wenn das Gas mit einer gröfseren Menge eines anderen Gases gemengt erscheint, daher man denn niemals in der Atmosphäre Argon vermutet hat, bis es rein hergestellt wurde. Die Eigenschaft, dafs es in der Sonne noch nicht sicher nachgewiesen werden konnte, teilt das Argon mit dem Sauerstoff, dem es im Molekulargewicht nahe steht. Vielleicht liegen beide Gase in tieferen Schichten der Sonnenhülle als Wasserstoff und Helium und kommen dort, wo diese überwiegen, höchstens in Spuren vor, so dafs sie nicht Energie genug entwickeln, um uns sichtbar zu werden. Dafs aber die leichten Gase, wie Wasserstoff und Helium, in der irdischen Lufthülle, als derjenigen eines winzigen Himmelskörpers, fehlen, während sie beide an den festen Materialien und das eine in so hervorragendem Mafse an den flüssigen des Erdballs beteiligt sind,

das mag sich am Ende durch die geringe Anziehungskraft der Erde und die grofse Beweglichkeit so leichter Elemente erklären, die darum die Atmosphäre der Erde verlassen konnten, während die Sonne Energie genug besafs, sie festzuhalten. Das würde wenigstens die zuerst von Johnstone Stoney aufgestellte Theorie[4]) verlangen, welche bereits an den Wasserstoffmangel derselben anknüpfte.

Alle Forschungen, welche die Entdeckung des Argons und des Heliums herheiführten und an dieselben anknüpften, sind ermöglicht worden durch die erstaunliche Vervollkommnung der experimentellen Hilfsmittel, welche unseren Tagen charakteristisch ist.

Nachschrift. 1. Das Helium ist inzwischen auch in der Atmosphäre aufgefunden worden. In einer Probe von Stickstoff, welcher einer Quelle zu Bath in England entströmte, fand Lord Rayleigh die D_3-Linie, und Prof. Kayser fand es als Begleiter des Argon in den Gasen, die den Quellen zu Wildbad entströmen und nach einer Fehlingschen Analyse 96 % Stickstoff enthalten. Der bei Cavendishs Methode (H. u. E. Bd. VII S. 282) verbleibende Rückstand von 9 ccm aus 430 ccm des Gases zeigte die Argon- und die Heliumlinien, und zwar beide Bestandteile dieses Gases. Da somit freies Helium in die Atmosphäre entweicht, stellte sich Kayser die Frage, ob sich nicht in der Luft überhaupt Helium neben dem freien Argon nachweisen lasse. In der That zeigten Geifslersche Röhren, die mit möglichst reinem atmosphärischen Argon gefüllt waren, die Anwesenheit der D_3-Linie im Argonspektrum, und photographisch wurde noch eine für Helium charakteristische Linie nachgewiesen. Obgleich dieselben sehr schwach sind, hält Kayser doch die Anwesenheit des Heliums in der Luft von Bonn für erwiesen.

2. Die Linien beider Bestandteile des Heliums sind in den Spektren vieler Sterne gesehen worden, wie bei Rigel, Bellatrix und den Gürtelsternen des Orion, bei Spica, Algol, bei η im grofsen Bären, β im Stier und β in der Leier, dem bekannten Veränderlichen, der nicht weniger als 13 Heliumlinien im Spektrum besitzt. Auch der neue Stern im Fuhrmann liefs Helium erkennen, und zwar viel deutlicher den leichteren Bestandteil als denjenigen, welchem die D_3-Linie zukommt, und den Runge und Paschen das Helium im eigentlichen Sinne nennen. Dafs dieser der schwerere Teil ist, ist daraus zu schliefsen, dafs seine Linien im allgemeinen dem brechbareren Teile des Spektrums näher liegen, ein Schlufs, der durch die Fälle der Alkalimetalle und denjenigen der Erdmetalle belegt wird. Sm.

[4]) H. u. E. Bd. VI S. 192.

Ein paar stark gestörte Körper.

Der Laie glaubt oft, dafs die Bewegungen der Planeten und Trabanten sich sehr regelmäfsig nach den Keplerschen Gesetzen vollziehen und dafs die Störungen, denen diese Körper durch andere ihresgleichen ausgesetzt sind, daran nur wenig zu ändern vermögen. Bei genauerem Zusehen findet sich leider, dafs die „Harmonie der Welt“ an manchen recht beträchtlichen Schwächen krankt. Gerade die Aufsuchung der Gründe, welche dergleichen Abweichungen herbeiführen, hat die mathematische Theorie der Planetenbewegungen wesentlich gefördert und zugleich die besten Beweise dafür erbracht, dafs die Grundlage dieser Theorie, nämlich das Newtonsche Anziehungsgesetz, richtig sei. Auf die eine Art dieser Störungen ist man schon in einem ziemlich frühen Zustand der Planetentheorie aufmerksam geworden, ohne dafs doch Mathematiker von dem Range eines Lagrange oder Euler eine zureichende Erklärung anzugeben gewufst hätten. In den Bewegungen des Jupiter und des Saturn fanden sich grofse Abweichungen von den ihnen nach der Rechnung zukommenden Orten, welche im Laufe der Zeit immer mehr zunahmen. Erst dem eigentlichen Begründer der Mechanik des Himmels, Laplace, gelang es, hierfür den Grund anzugeben. Er liegt darin, dafs die Umlaufszeiten der beiden Planeten nahezu in einem einfachen Zahlenverhältnis stehen, nämlich sich wie 2 zu 5 verhalten. Das erzeugt Abweichungen, die erst im Laufe von 900 Jahren in derselben Gestalt wiederkehren und sich derart summieren, dafs sie die einfache Bewegung in der Bahnellipse völlig verdecken. Ähnliches geschieht nun überall, wo zwei Himmelskörper, die gemeinsam um einen und denselben Hauptkörper kreisen, ihre Umläufe in Zeiten vollenden, die in einem einfachen Verhältnisse zu einander stehen. Je gröfser die Neigung einer solchen Bahn ist, und je stärker deren elliptische Gestalt ausgeprägt ist, desto gröfser müssen auch die Abweichungen sein, die ihr wahrer Ort von dem Orte zeigt, den ihm die Rechnung ohne Rücksicht auf diese lang ausgedehnten Störungen anweist. Der Betrag der Störung kann unter Umständen so grofs werden, dafs der Himmelskörper sich der Wahrnehmung lange entziehen kann, weil man ihn an einem ziemlich entfernten Punkte vermutet. Ein Beispiel hierfür bietet der Planet Andromache. Seine Umlaufszeit steht zu der des Jupiter sehr nahe in dem Verhältnisse 4 zu 9, so dafs er von diesem mächtigsten der Planeten in Anbetracht seiner stark elliptischen Bahn beträchtliche Störungen erfahren mufs, die etwa 200 Jahre lang sich immer in der einen Richtung summieren müssen und erst dann in die umgekehrte Richtung

übergehen. Die Folge war, dafs der Planet in der That verloren ging und erst durch die Himmelsphotographie ine wissenschaftliche Dasein zurückgerufen wurde. Herr Berberich konnte nachweisen[1]), dafs inzwischen merkwürdige Veränderungen in seinen Bahnelementen geschehen sein müssen, die einen enorm zu nennenden Betrag erreichen.

Unter den Trahanten giebt es ein Beispiel für eine andersartige Störung. Von den 8 Saturnesatelliten eind der sechste (Titan) und der siehente (Hyperion) derart verknüpft, dafs drei Umläufe des letztern dieselhe Zeit erfordern, wie vier des ersteren. Zieht man in Betracht, dafs die Bahn des Hyperion nicht unheträchtlich von einem Kreiee ahweicht, indem nämlich die Brennpunkte um $^1/_8$ der halben grofsen Achse vom Mittelpunkte entfernt sind, so müseen eich hieraus beträchtliche Störungen zwischen den heiden Trahanten ergehen. Der Titan ist ale der hellste bereits von Huyghene entdeckt und am längsten unter den Saturnsmonden heobachtet, und seine Bahn ist hesonders durch Beseels Meesungen und Rechnungen recht genau bekannt. Hyperion ist der lichtechwächste unter diesen Körperchen und wurde erst 1848 von Bond und Laeeell entdeckt. Seitdem haben ihn besonders Hall in Washington und H. Struve in Pulkowa mit den Riesenfernröhren dieser heiden Sternwarten genau heobachtet. War echon Hall erstaunt über die rasche rückläufige Bewegung, welche die grofse Achse der Bahnellipse aueführt, und welche fast 20° in einem Jahre heträgt,[2]) so konnte Struve auch den Betrag der erwähnten grofsen Störung — die man als eine Lihration hezeichnet — näherungsweise aus den Beohachtungen angeben. Die Theorie dieses Körpers ist freilioh noch reoht wenig entwickelt, eo dafs die Pariser Akademie einen Preis für ihre Bearheitung ausgeeohrieben hat. Eine eolche Theorie eetzt auch die Kenntnis der Titanmasse voraus; aber umgekehrt mufe eich durch eine Vergleichung der Theorie mit den Beohachtungen eine Bestimmung dieser Masse ergeben, wie auch die Saturnmasee aue der genannten Störung der Jupiterbahn mit ziemlicher Sicherheit hergeleitet werden konnte. Es ist keineewegs ausgeschlossen, dafs sich auch in der Titanbahn ähnliche Abweichungen werden auffinden lassen, die aber wegen der geringen Masse des Hy-

[1]) Nat. Rdsch. 189 , S.

[2]) Beim Erdmonde beträgt die entsprechende Drehung der Bahnellipse freilich dae Doppelte, aber eie ist hier eine Folge der Anziehung der Sonne, welche die Erdmasse beträchtlich überwiegt, beim Hyperion eine Folge der Anziehung eines kleinen Mondes.

perion weit gegen dessen Störungen zurücktreten werden. Aus diesen aber würde sich die Masse selbst eines so kleinen Körpers mit einiger Genauigkeit ergeben. Sm.

Die Kometen des Jahres 1895.

Im verflossenen Jahre 1895 wurde der Wiederkehr von 4 periodischen Kometen entgegengesehen. Die Anfang November 1894 erfolgte Wiederauffindung des Enckeschen Kometen, der wegen der Epoche des Durchganges durch das Perihel den Kometen des Jahres 1895 zuzurechnen ist, wurde früher gemeldet. Auch die drei übrigen Schweifgestirne, deren Sonnennähe in das Jahr 1895 fallen sollte, gehören zu der interessanten Gruppe der periodischen Kometen von kurzer Umlaufszeit.

Ein im Jahre 1884 von Barnard in Nashville mit einem sechszölligen Refraktor entdeckter Schweifstern, für welchen die sorgfältige Diskussion des gesamten vorhandenen Beobachtungsmaterials durch Berberich eine Ellipse von ca. 5.4 Jahren Umlaufszeit ergeben hatte, ist nicht wieder aufgefunden, und die Hoffnung, seiner noch in dieser Erscheinung habhaft zu werden, mufs endgültig aufgegeben werden, da die Sonnennähe bereits Anfang oder Mitte Juni stattgefunden hat, und obwohl die theoretische Maximalhelligkeit immerhin mehr denn doppelt so grofs sein sollte als bei der letzten Beobachtung im Entdeckungsjahre. Da die zweite Erscheinung im Jahre 1890 wegen der unvorteilhaften Stellung nahe bei der Sonne einer Aufsuchung ebenfalls nicht günstig war, so wird, wenn nicht der Zufall auf seine Spur hilft, bei den nächsten Erscheinungen die Schwierigkeit der Auffindung sich erheblich vermehren.

Ähnlich ungünstig lagen die Verhältnisse beim Brorsenschen Kometen (1846 III), der, wenn er sich in seiner bisherigen Bahn weiter bewegt, bei einer Periode von 5.4 Jahren im ersten Drittel des August das Perihel passieren mufste. Seine Stellung nahe der Sonne zur Zeit der gröfsten Helligkeit machte von vornherein die Wiederauffindung selbst mit grofsen Instrumenten wenig wahrscheinlich; von einer solchen ist deshalb auch nichts verlautbart.

Hingegen war die Nachsuchung nach dem Kometen Faye, der am 22. November 1843 in Paris entdeckt und seither in verschiedenen Erscheinungen wieder wahrgenommen worden war, von Erfolg begleitet; das sehr lichtschwache Gestirn sah Javelle im grofsen Refraktor der Nizzaer Sternwarte zuerst am 26. September und beob-

achtete es weiterhin noch mehrfach. Die Umlaufszeit dieees interessanten Himmelskörpers, dessen Bewegung sehr genau anfangs durch Leverrier und späterhin durch Möller in Lund rechneriech dargestellt wurde, beträgt ca. 7.6 Jahre.

An bisher unbekannten Kometen schien das verflossene Jahr hinter den mit teleskopischen Schweifsternen ziemlich gesegneten Vorjahren etark zurückbleiben zu wollen. Wie bereits berichtet, gelang die erste Entdeckung eines neuen Kometen im Jahre 1895 L. Swift nicht vor Ende August. Ziemlich unerwartet hat nun das letzte Jahresviertel noch zwei schnell aufeinanderfolgende Entdeokungen gebracht, deren eine sich auf einen Kometen bezieht, weloher, nach den vorläufigen Rechnungen zu schliefsen, unter Umständen bie zur Sichtbarkeit am Tage anwachsen könnte. Perrine fand am 16. November auf der Licksternwarte dieses Gestirn, das mit zunehmender Geschwindigkeit nach Süden und der Sonne zueilte, und deshalb nur kurze Zeit vor Sonnenaufgang beobachtet werden konnte. Bei Gelegenheit einer Beobachtung durch den Verfasser am 22. November ersohien der Komet in seiner Gesamthelligkeit einem Stern 6. Gröfse vergleichbar; jene wird Mitte Dezember theoretisch etwa auf den 70fachen Betrag angestiegen sein, dann aber schnell wieder abfallen.

Nur 5 Tage später erfolgte die Entdeckung eines neuen Kometen Brooks. Derselbe stellt ein wenig auffälliges, durchaus nebelartiges teleskopisches Objekt dar, bewegt sich sehr schnell nach Norden und wird, da er zur Zeit der Sonnennähe (seines Periheldurehganges) gefunden ist, aufser in sehr grofsen Instrumenten vermutlich nur kurze Zeit verfolgt werden können. G. W.

Ein neuer Weg für die Farbenphotographie.

O. Wiener, ein verdienter deutscher Forscher, der sich vor einigen Jahren durch den Nachweis stehender Lichtwellen so glänzend hervorthat, veröffentlicht im 6. Hefte des laufenden Jahrgangs von Wiedemanns Annalen eine Arbeit über die „Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur"; dieselbe gehört, wie uns scheint, zu dem Bedeutsamsten, was in den letzten Jahren über jenes so überaus verlockende Problem geschrieben worden ist, wenngleich sie nicht mit dem Anspruche einer praktischen Löeung desselben auftritt.

Die Aufgabe, mit Hilfe einer einzigen photographischen Platto alle Farbentöne des Originals wiederzugeben, ist, so wenig wahr-

scheinlich ihre Lösung a priori erscheint, bekanntlich von verschiedenen Forschern nicht ohne Erfolg in Angriff genommen worden. Seebeck, dessen Untersuchungen bereits in Goethes Farbenlehre (1810) veröffentlicht sind, benutzte als lichtempfindliche Substanz feuchtes, am Licht grau gewordenes Chlorsilber, welches auf Papier gestrichen wurde. Dieses Verfahren und das von Poitevin (1865), bei welchem ein Papier durch verschiedene Bäder[1]) lichtempfindlich gemacht worden, sind aufserordentlich merkwürdig, nicht nur, weil sie schon verhältnismäfsig alt sind, sondern auch besonders deswegen, weil uns bisher jeder Versuch für eine Erklärung der auf diese Weise erzielten Farben fehlte.

In der Neuzeit sind die erfolgreichsten Versuche von Lippmann in Paris angestellt, der als ein Nachfolger Becquerels angesehen werden kann; der letztere verfuhr in der Weise, dafs er blanke Silberplatten durch Elektrolyse bis zu einer gewissen Tiefe chlorierte und so eine lichtempfindliche Schicht auf gut spiegelnder Unterlage erhielt. In einem solchen Falle fehlt es an einer Erklärung nicht; denn es wird die zuerst von Zenker aufgestellte Theorie der Farbenerzeugung durch stehende Lichtwellen anwendbar. Somit ist es nicht verwunderlich, dafs nach erfolgtem Nachweise der — von Zenker nur vermuteten — Erscheinung stehender Lichtwellen Versuche in dieser Richtung wieder aufgenommen wurden, eben jene so erfolgreichen Experimente von Lippmann, bei denen hinter der lichtempfindlichen Schicht ein Quecksilberspiegel liegt.

In Kürze sei hier jene, bereits früher[2]) von uns besprochene Theorie noch einmal erläutert. Fallen Lichtstrahlen durch ein durchsichtiges Medium senkrecht auf eine spiegelnde Ebene, so werden sich unmittelbar vor dieser, ähnlich wie beim Schall, stehende Wellen bilden, hervorgerufen durch das Zusammenwirken der reflektierten mit neu ankommenden Wellen. Wir werden an der spiegelnden Wand einen Schwingungsknoten, $^1/_4$ Wellenlänge vor demselben einen Schwingungsbauch zu erwarten haben u. s. w. Ist die chemische Wirkung in Schwingungsbauch und -knoten verschieden, so mufs das durchsichtige Medium, wenn es lichtempfindlich ist, eine Blätterstruktur zeigen, und zwar in der Weise, dafs die einzelnen weniger durchsichtigen Blätter im Abstande der halben Wellenlänge des benutzten Lichtes auf einander folgen.

[1]) Zenker, Lehrbuch der Photochromie (1868), und Krone, Darstellung der natürlichen Farben durch Photographie (1894), haben das Poitevinsche Verfahren weiter ausgebildet und spezielle Rezepte für dasselbe gegeben.

[2]) H. u. E. Jahrg. 1891.

Der Nachweis für das Vorhandensein solcher Blätter ist, wie gesagt, von Wiener geführt worden.

Stellen wir uns vor, es seien durch I, II, III (Fig. 1) drei solcher Ebenen dargestellt, wie sie einer bestimmten Lichtsorte, etwa dem Natriumlichte entsprächen. Nachdem die Platte entwickelt und fixiert, lasse man auf I einen beinahe senkrechten Strahl S von Natriumlicht fallen. Derselbe wird teils reflektiert, teils geht er durch I hindurch; dieser letztere Teil erleidet an der Fläche II noch einmal das gleiche Schicksal u. s. f. So kommen die drei reflektierten Strahlen s_1 s_2 s_3 zustande. Damit hier ein wirklicher Lichtstrahl auftrete, ist indes noch nötig, dafs diese drei Elementarstrahlen günstig interferieren, d. h. dafs ein bei s_2 liegendes Äthermolekül dem Einflusse gleichgerichteter Impulse unterliege. Ist das nicht der Fall, so werden

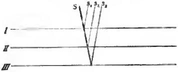


Fig. 1.

wir keine einheitliche Schwingung, kein Licht haben. In unserem Falle haben wir aber offenbar günstige Interferenz; denn es bleibt der Schwingungszustand in s_2 wegen des um zwei halbe Wellenlängen gröfseren Weges gerade um eine volle Periode hinter s_1 zurück, stimmt also wieder genau mit ihm überein, und dasselbe gilt für s_3. Man erkennt leicht, dafs für diejenige Lichtsorte günstige Interferenz, also eine kräftige Reflexion vorliegt, durch welche die Blätter entstanden sind. Betrachtet man die Platte bei weifsem Lichte, so wird jede Stelle in der ursprünglichen Farbe leuchten, und es mag hinzugefügt werden, dafs bei guten Aufnahmen die Farben sehr brillant erscheinen; man hat sich offenbar statt der von uns angenommenen drei Schichten eine grofse Anzahl zu denken, so dafs die nicht gewünschten Farben völlig unterdrückt werden.

Es ist gerade für die in Rede stehende Wienersche Untersuchung von Wichtigkeit, zu konstatieren, wie sich der Anblick eines auf diese Weise erzeugten Bildes ändern mufs, wenn man dasselbe unter einem gröfseren Einfallswinkel der Lichtstrahlen betrachtet. Der Lichtstrahl, welcher die oberste Ebene (Fig. 2) bei A trifft wird zum Teil reflektiert, zum Teil gebrochen; bei B tritt für den letzteren Teil wiederum eine Zweiteilung ein u. s. w. Wenn wir von der Austritts-

stelle s_3 des dritten reflektierten Strahles eine Senkrechte auf die beiden ersten fällen, erhalten wir die mit s_3 korrespondierenden Punkte s_2 und s_1, und es fragt sich nun, wie es dann mit dem Untersohied der Wege A s_1, A B s_2, A C s_3 steht. Es läfst sich zeigen[3]), dafs diese Differenzen kleiner sind, als bei senkrechter Inzidenz trotz der vergröfserten Länge des Weges zwischen zwei Schichten.

Man würde also, wenn die Blätter durch senkrecht auffallende Strahlen von Natriumlicht entstanden sind, den Fall günstiger Interferenz nicht bei einer schiefen Beleuchtung mit Natriumlicht, sondern nur bei Benutzung kürzerer Wellen haben, also etwa bei grünem Lichte, d. h. also, *bei Betrachtung einer solchen Photographie in schief auffallendem weifsem Lichte erscheinen alle Farben nach dem violetten Ende des Spektrums hin ver-*

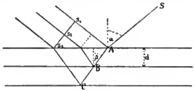


Fig. 2.

schoben. Diese Wahrnehmung konnte man in eklatanter Weise an den vor kurzem von Herrn Dr. *Neuhaufs* in der Urania vorgeführten farbigen Photographieen machen. Nioht minder deutlich trat die Interferenznatur der Farben dadurch hervor, dafs eine Verschiebung nach dem roten Teile des Spektrums hin eintritt, wenn man eine solche Platte anhauoht, also die Gelatine zum Aufquellen bringt, den Abstand der Blätter vergröfsert.

Alle diese Dinge waren, wie gesagt, in den letzten Jahren bereits bekannt, ohne dafs es gelungen wäre, die Versuohe von *Seebeck* und *Poitevin* zu erklären. Kann man sich denn in einem auf Papier gestrichenen Pulver, kann man sioh sogar dann, wenn die

[3]) Sind n_1 und n_2 die Brechungsexponenten für Luft bezw. die photographische Schicht ($n_1 < n_2$), so ist $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$. Um aus den zu vergleichenden Weglängen A s_1 und A B e_2 den Gangunterschied der beiden Lichtstrahlen zu finden, ist unter Berücksichtigung der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in den beiden Medien zu setzen A $s_1 . n_1$ und $\frac{2\,d}{\cos \beta}\, n_2 + (A\, e_1 - 2\, d \tang \beta \sin \alpha)\, n_1$, wo d der Abstand zweier Ebenen ist. Die Differenz dieser beiden Ausdrücke ist unter Berücksichtigung des Brechungsgesetzes $= 2\, d\, n_2 \cos \beta$. Bei senkrechter Inzidenz erreicht dieser Ausdruck sein Maximum.

lichtempfindlichen Substanzen zwischen den Papierfasern eingebettet liegen, das Zustandekommen stehender Lichtwellen denken? In demselben Grade wie dies unwahrscheinlich wird, gewinnt die Möglichkeit an Boden, dafs es noch eine andere Art der Erzeugung farbiger Substanzen durch das Licht giebt, als die auf der Interferenz beruhende. Man kann dabei nicht wohl an etwas anderes als an Körperfarben denken, also an die Bildung roten, blauen, grünen Farbstoffes u. s. w. der aus dem Grunde rot, blau oder grün erscheint, weil er alle anderen Farben absorbiert. Was für ein Grund läfst sich nun wohl dafür ausfindig machen, dafs ein Stoff, von welchem zugegeben werden mag, dafs er verschiedenfarbige Zersetzungsprodukte unter dem Einflusse des Lichtes liefern könne, gerade ein rotes Produkt bei roter Beleuchtung liefere, ein blaues bei blauer u. s. w.? Um dem Prinzipe gerecht zu werden, dafs man Hypothesen nur unter dem Zwange der beobachteten Thatsachen aufstellen dürfe, sei zuvörderst noch einiges über diejenigen Wienerschen Experimente berichtet, welche uns bei der Frage, ob Interferenz — ob Körperfarben, hinsichtlich des Seebeckschen und Poitevinschen Verfahrens zu einer Beantwortung in dem letzteren Sinne zwingen.

Die einfache Methode des Anhauchens ist schon bei dem Becquerelschen Verfahren nicht anwendbar, da die chlorierte Silberplatte nicht quillt. Die Methode der schiefen Beleuchtung hat wenig Erfolg, weil der Brechungsexponent des Chlorsilbers etwa $= 2$, bei chlorärmeren Verbindungen wohl noch gröfser ist, so dafs selbst ein ziemlich schief auffallender Strahl nach erfolgter Brechung nahe senkrecht zur Oberfläche verläuft. Bei dem Lippmannschen Verfahren hingegen hat die lichtempfindliche Schicht, welche in der Hauptmasse aus Kollodium oder Gelatine besteht, einen Brechungsexponenten von nur etwa 1,5, so dafs hier die oben geschilderten Veränderungen möglich werden, was für den Nachweis der Interferenznatur sehr erwünscht, praktisch genommen recht unbequem ist.

Wiener verfuhr nun in der Weise, dafs er bei jenen älteren Farbenphotographieen den Lichtstrahl aus einer Substanz von ziemlich hohem Brechungsexponenten in das Chlorsilber eintreten liefs. Da man hierbei nicht eine planparallele Schicht einer solchen Substanz benutzen darf, weil offenbar die Brechung an der Vorderfläche derselben den Einfallswinkel verkleinern würde, legte Wiener ein rechtwinkliges Glasprisma ($n = 1{,}75$) mit der Hypothenusenfläche auf das Farbenbild. Die Lichtstrahlen traten durch die eine Kathetenfläche ein, gingen ohne zu starke Brechung durch die Hypotenusenfläche in

das Bild, dann wieder zurück und traten durch die andere Kathetenfläche aus.

Dabei ergab sich z. B., dafs bei einer Becquerelschen Platte eine Stelle, welche mitten im Gelb einer Photographie des Spektrums lag, durch das Prisma betrachtet grün erschien u. s. f.

Zenker hat also ganz richtig behauptet, wenngleich nicht bewiesen, dafs bei dem Becquerelschen Verfahren die Farben durch stehende Lichtwellen zustande kommen.

Bei dem Seebeckschen und Poitevinschen Verfahren ergaben sich Verschiebungen der Farben im Prisma nicht: Hier haben wir Körperfarben vor uns!

Sehen wir nunmehr von den weiteren Beweisen Wieners und von gewissen Komplikationen ab, um aufs neue die obige Frage aufzunehmen, und zwar zunächst in der Richtung: Giebt es verschiedenfarbige chemische Verbindungen von Chlor und Silber unter Ausschlufs eines durch Interferenz zu stande kommenden verschiedenfarbigen Aussehens? Solche Produkte sind vor einigen Jahren von Carey Lea[4]) nachgewiesen und bestehen nach ihm aus Verbindungen von Silberchlorid und Silberchlorür, die nicht durch bestimmte Verhältniszahlen ausdrückbar sind; Lea nennt sie Photochloride und hat sie sowohl mit Hülfe des Lichtes als auch auf rein chemischem Wege im Dunkeln erzeugt. Ein weiteres Eingehen auf diesen Punkt ist hier nicht thunlich.

Zugegeben nun, dafs verschiedenfarbige[5]) Produkte unter dem Einflusse des Lichtes entstehen können, woher die Übereinstimmung mit der belichtenden Farbe? Warum erzeugt z. B. rotes Licht ein rotes Photochlorid? Hierauf antwortet Wiener: Das rote Photochlorid reflektiert besser als irgend ein andersfarbiges Produkt die roten Lichtstrahlen, es absorbiert sie nicht, wird also auch nicht von ihnen chemisch verändert. Nebenbei bemerkt ist dieser Zusammenhang zwischen Absorption und chemischer Wirkung eine feststehende Thatsache, welche der Herstellung der sog. farbenempfindlichen Platten zu Grunde liegt; man sensibilisiert nach Vogel eine photographische Platte für gelbes Licht, indem man sie mit einem das gelbe Licht absorbierenden Farbstoffe tränkt. —

[4]) Carey Lea, Americ. Journ. of Sc. 1887.

[5]) Die Zahl der verschiedenfarbigen Stoffe braucht nicht entsprechend den Farben des Spektrums unendlich grofs zu sein, sondern es würden drei Grundfarben genügen, durch deren Mischung, ähnlich wie bei dem Vogelschen Dreifarbendruck die übrigen Farben zu stande kämen.

Nehmen wir entsprechend den neueren chemischen Theorieen an, dafs alle in der lichtempfindlichen Schicht möglichen Verbindungen zeitweilig wirklich von einigen Molekülgruppen gebildet werden, so sehen wir, dafs an der rot belichteten Stelle das rote Photochlorid allein übrig bleiben wird, weil es das widerstandsfähigste ist. Man könnte entsprechend der biologischen Terminologie die so entstandene Farbe eine Anpassungsfarbe nennen, wobei man freilich nicht an die Anpassung im Darwinschen Sinne, durch natürliche Züchtung der mit vorteilhaften Eigenschaften sich auszeichnenden Lebewesen zu denken hat, sondern an eine mechanische Anpassung.

Ist diese Auffassung richtig, so mufs sie durch einen Versuch mit gekreuzten Spektren neuen Boden gewinnen. Wiener erzeugte nach dem Poitevinschen Verfahren das Bild eines Spektrums, drehte dann dieses Bild in seiner Ebene um 90°, so dafs jetzt jeder einfarbige Streifen, z. B. der des Rot, der Einwirkung sämtlicher Strahlen des Spektrums ausgesetzt wurde. Jetzt müfste das zuerst erzeugte Bild durch die neue Belichtung völlig zerstört und durch ein Spektrum in der neuen Lage verdrängt werden. Dies ist allerdings ebensowenig der Fall, wie überhaupt die Farbenwiedergabe keine vollkommene ist. Aber es zeigte sich z. B.: Das Rot des ersten Bildes wird im Gelb der zweiten Belichtung gelb, unter den anderen Beleuchtungsfarben ebenfalls verändert.

Das Grün des ersten Bildes wird im Rot der zweiten Belichtung rot, im Gelb gelb, im Blau und Violett verändert u. s. w. — —

Man sieht, dafs sich im grofsen und ganzen die Farben wirklich der Belichtung „anpassen". —

Es ist überaus interessant, dafs durch die obigen Betrachtungen die Farbenphotographie eine Analogie zu gewissen biologischen Vorgängen gewinnt. Ja es handelt sich hier um mehr als eine Analogie; derselbe bedeutsame Vorgang mechanischer Anpassung, im besonderen auch der Farbenanpassung, scheint in der Natur eine wichtige Rolle zu spielen. Theodor Eimer erzählt in seinem Werke[6]) „Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens. Ein Beitrag zur einheitlichen Auffassung der Lebewelt" von Beobachtungen, die auf eine unmittelbare chemische Wirkung des Lichtes auf die Farbe von Tieren hinweisen. So hat man beobachtet, „dafs Schmetterlingspuppen während ihrer Entwicklung von der Farbe ihrer Umgebung derart beeinflufst

[6]) Jena, Verlag von G. Fischer, 1888.

werden, dafs sie diese Farbe annehmen, z. B. die rote Farbe eines sie umhüllenden Tuches.“ Ausführliche Untersuchungen über diesen Gegenstand sind besonders von E. B. Poulton in sorgfältigster Weise angestellt worden, und er hat dabei jene mechanische Anpassung — scharf zu trennen von der willkürlichen Farbenänderung, die wir etwa beim Chamäleon haben — als eine weit verbreitete Erscheinung nachgewiesen. Die Natur hat thatsächlich manche Geschöpfe, wenigstens in einzelnen Stadien ihrer Entwickelung mit einer Haut ausgestattet, welche die Eigenschaften des vom Menschen so lange gesuchten Präparates verwirklicht.

Es ist wohl kaum nötig, darauf hinzuweisen, dafs diese Art der Anpassung diejenige im Darwinschen Sinne nicht ausschliefst, sondern ergänzt. Soll beispielsweise ein Farbenkleid, welches mit der Umgebung eines Tieres übereinstimmt und deshalb seinen Träger vor Verfolgungen schützt, sich nach den Darwinschen Grundsätzen vererben, so mufs es doch zunächst vorhanden gewesen sein, und man wird im Hinblick auf den so häufig beobachteten Mangel von Farben bei Tieren, die im Dunkeln leben, lieber ein in bestimmter Richtung wirkendes Agens, nämlich das Licht in der oben geschilderten Wirkungsweise, als den Zufall als den ursprünglichen Spender ansehen. Weiterhin wird dann die Farbenempfänglichkeit der Haut eine Eigenschaft sein, die sich in der Weise der Darwinschen Auffassung vererbte.

Vergessen wir schliefslich nicht, dafs die physiologischen Vorgänge die Erscheinung erheblich komplizieren; aber es hat doch den Anschein, als werde das Wienersche Prinzip bei der Erklärung mancher Farbenerscheinungen an lebenden Wesen eine wichtige Rolle spielen können, ebenso wie es die Vorgänge, welche der Farbenphotographie zu Grunde liegen, wesentlich aufgehellt hat.

Ein prinzipiell ganz neuer, überraschend einfacher Weg der Farbenphotographie, das Verfahren von Joly, soll in einem nächsten Aufsatz besprochen werden. Sp.

Bibliographisches

Dr. Hermann Hartenstein: Notizen über Wilhelm Gotthelf Lohrmann, einen Dresdener Geodäten, Meteorologen und Astronomen. — Dresden 1895. (Beilage zum 5. Jahresbericht der Städtischen Realschule zu Dresden-Johannstadt.)

Den Anlafs zur Abfassung der vorliegenden interessanten Programmschrift bot dem Verfasser der Umstand, dafs am 31. Januar 1896 gerade 100 Jahre verflossen sein werden, seit Wilhelm Gotthelf Lohrmann zu Dresden das Licht der Welt erblickte. Mehrfach ist in diesen Blättern von dem verdienten Manne, der die Astronomen mit einer der schönsten und vollständigsten Mondkarten beschenkte, die Rede gewesen, und es erübrigt sich, an dieser Stelle nochmals darauf zurückzukommen. Was die gegenwärtige Publikation zu einer bedeutsamen Bereicherung der astronomisch-biographischen Litteratur stempelt, das ist die Sorgfalt und Liebe, mit welcher das vielfältig zerstreute und oft nur mühsam zugängliche Material zusammengetragen ist. Die Vielseitigkeit des seltenen Mannes, seine reiche Begabung und der unermüdliche Schaffensdrang, der ihn beseelte, die Herzensgüte, die ihn auszeichnete, — alle diese Züge eines verhältnismäfsig kurzen, aber inhaltreichen Lebens haben dadurch eine Beleuchtung erhalten, welche, möglichst unbeeinflufst von dem subjektiven Urteil des Verfassers, der seinerseits bescheiden fast gänzlich zurücktritt, über die Bedeutung Lohrmanns volle Klarheit gewinnen läfst.

Auf den Inhalt der Schrift im einzelnen hier einzugehen, verbietet sich wegen der Reichhaltigkeit desselben von selbst. Von den 18 Kapiteln, in welche das Werk eingeteilt ist, mögen dagegen hier einige aufgeführt werden: die Begründung einer lithographischen Gravieranstalt zu Dresden und Lohrmanns Beförderung zum Inspektor der Kameralvermessung; Lohrmann und der Kgl. mathematisch-physikalische Salon zu Dresden; Lohrmann als Astronom; Lohrmanns Familienverhältnisse u. s. w. u. s. w. — Da Lohrmanns Thätigkeit aufs Engste mit der Entwickelung der Vermessungs- und Kameralarbeiten im Königreich Sachsen verknüpft war, so ist ein wesentlicher Teil des Inhaltes vorliegender Publikation der Darstellung seiner Arbeiten auf diesem Gebiete und seiner aus diesem Anlafs erfolgten mehrfachen Reisen gewidmet, in bezug auf letzteren Punkt vorwiegend nach Lohrmanns eigenen Tagebuchaufzeichnungen.

Referent kann diese wertvollen biographischen Notizen den Astronomen nur angelegentlichst empfehlen, damit der verdienstlichen Arbeit des Verfassers die ihr gebührende Würdigung zu Teil werde. G. Witt.

Meyers Conversationslexikon. 6. Auflage. Band V—IX. Leipzig, 1895, Bibl. Institut.

Die von uns bei der Besprechung der ersten Bände hervorgehobenen, grofsen Verbesserungen der neuen Auflage der rühmlichst bekannten Encyclo-

paedie zeichnen in gleichem Mafse auch die ferneren, seither erschienenen Bände aus. Von neu hinzugekommenen Farbentafeln naturwissenschaftlichen Inhalts seien als besonders gelungen und wertvoll hervorgehoben diejenigen zu den Artikeln: Euphorbiaceen, Farne, Flechten, insektenfressende Pflanzen, Geiser (Sinterterrassen), Giftpflanzen, Gletscher, Hochzeitskleider (der Tiere) etc. Auch die geographischen Kartenbeilagen sind noch wesentlich vermehrt worden; so sind recht genaue Spezialkarten von Nord-Frankreich, Japan, Nord- und Süd-Italien, Kamerun, den Kapkolonien, Guinea und West-Sudan u. a., sowie meteorologische Kärtchen von Europa und eine geologische Karte des Harzes aufserordentlich wertvolle Zugaben. Der Text ist gleichfalls durchweg neu revidiert und der Höhe des gegenwärtigen Wissens entsprechend umgestaltet worden; mit besonderer Befriedigung konnten wir z. B. Kenntnis davon nehmen, dafs das Fernsprechwesen mit einer seine Bedeutung im heutigen Verkehr voll würdigenden Gründlichkeit an der Hand klarer Illustrationen behandelt ist. Wir sind überzeugt, dafs die keine Opfer scheuende Liberalität, welche die Verlagshandlung bei der beständigen Vervollkommnung ihres grofsen Unternehmens an den Tag legt, durch immer weiter greifende Beliebtheit dieser Encyclopädie des gesamten Wissens gelohnt werden wird. F. Khr.

Otto Hübners Geographisch-statistische Tabellen aller Länder der Erde. 44. Ausgabe für das Jahr 1895. Herausgegeben vom Hofrath Prof. Dr. Fr. v. Juraschek. Verlag von Heinrich Keller in Frankfurt a. M.

Jedem Freunde kurzer, übersichtlicher Statistiken ist das vorliegende kleine Werk (93 Seiten) sehr zu empfehlen. Wenn auch naturgemäfs manche Angaben in demselben durch ganz neue Untersuchungen, Zählungen und Vorgänge überholt sind, so ruht das Ganze doch völlig auf wissenschaftlicher Grundlage und giebt in erster Linie dem Laien interessanten Aufschlufs über das Verhältnis sämtlicher Länder der Erde nach den verschiedensten Richtungen. Neben den Angaben über Regierungsform, Staatsoberhaupt, Bevölkerung, Flächeninhalt, militärische Rüstung, Nationalitäten und Konfessionen eines Landes kann der Leser sehr schätzenswerten Aufschlufs über die Roherzeugnisse, die industrielle Produktion, den postalischen Verkehr, die Ausbreitung des Eisenbahn-, Telegraphen- und Telephonnetzes, die Geld-, Mafs- und Gewichtsverhältnisse, über die Volksbewegung und Volksbildung der verschiedenen Staaten erlangen. Als ganz besonderer Vorzug des inhaltreichen Büchelchens möchte es zu betrachten sein, dafs der so vielfach übliche, die Benutzung besonders von Nachschlagwerken aber so ungemein erschwerende Gebrauch oder vielmehr Mifsbrauch von Abkürzungen hier völlig vermieden ist. St.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde.

Die Entstehung der Sternbilder.

Von Dr. Georg Thiele in Berlin.

Zur Einteilung des Sternhimmels und Benennung einzelner Sterngruppen und Sterne bedient man sich auf Himmelskarten und -Globen einer Menge von Figuren, die zum Teil schon durch ihre mythologischen Namen die Herkunft aus dem Altertum verraten, zum Teil von modernen Astronomen nach Analogie der antiken Bilder erfunden sind. Einige von ihnen, die sich besonders leicht am Himmel wiedererkennen lassen, sind jedem, mag er auch nie eine Sternkarte, sondern nur den Himmel selbst angesehen haben, geläufig, wie der grofse Bär oder Wagen, der kleine Bär, in dessen Schwanz der Polarstern zu suchen ist, und der Orion, der Riese mit dem strahlenden Schwertgurt. Seltener findet sich schon jemand, der auch die Kassiopeia (richtiger Kassiepeia) zeigen kann, wenngleich dieselbe Gruppe in der Gestalt eines lateinischen W leichter entdeckt zu werden pflegt. Es ist jedoch nicht zu leugnen, dafs nicht nur das allgemeine Interesse an diesen Merkfiguren mit ihren zum Teil unverständlichen Namen mit der Zeit immer mehr abnimmt, sondern dafs sich auch die Wissenschaft immer mehr ihres Gebrauches zu entledigen, sie zu entbehren sucht, und sie wird wohl Recht daran thun, da diese einfachen Figuren, welche immer nur wenige Sterne zusammenfassen, für die Beobachtung und Registrierung der ungeheuren Masse von Fixsternen, welche sich dem bewaffneten Auge des Astronomen in jährlich wachsender Zahl darbieten, am Himmel und auf den Sternkarten allmählich eher eine störende Schranke als ein förderndes Hilfsmittel werden. Aber je mehr dies der Fall ist, desto mehr historisches

Interesse gewinnt die Frage, wie eigentlich und in welcher Kulturepoche diese Gebilde entstanden sind.

Da man unter den Völkern des Altertums den Babyloniern die gröfste Kenntnis des Sternhimmels beizumessen gewohnt ist, so hat immer die Ansicht derer am meisten Beifall gehabt, die die Sternbilder als eine Erfindung jenes Volkes bezeichnet haben; von ihnen hätten die Griechen sie entlehnt und nur die Namen geändert. Diese Ansicht haben mit Vorliebe die Astronomen selbst vertreten, und auch Ideler in seiner Schrift über den Ursprung und die Bedeutung der Sternennamen und in einer Abhandlung der Berliner Akademie v. J. 1838 ist für den orientalischen Ursprung, während Philologen, wie Buttmann (Abhdl. d. Berl. Ak. 1826) den griechischen Ursprung verteidigten. Da neuerdings durch die Assyriologie wieder der babylonische Ursprung energisch verfochten ist, so dürfte es nicht ohne Nutzen sein, noch einmal möglichst objektiv der Entstehung der einzelnen Sternbildernamen bei den Griechen nachzugehen.

Als Odysseus von Kalypso aus dem äufsersten Westen des Weltmeeres in die Heimat gesendet wird, erhält er von der Göttin den Rat, unterwegs immer das Sternbild des Bären zur Linken zu behalten; „und er wird daher nicht müde, nachts auf seinem Flosse nach den Plejaden zu sehen und dem spät sinkenden Bootes und dem Bären, den man auch den Wagen nennt, der auf derselben Stelle sich dreht und sich vor dem Orion duckt und allein nicht im Okeanus badet.“ (Odyssee V, 271 ff.) Um die Fahrtrichtung festzuhalten, brauchte Odysseus nur den grofsen Bären. Die übrigen zugleich genannten Sternbilder, Bootes, Plejaden, Orion, hat der Dichter des Kalypsoliedes ausschmückend hinzugefügt, weil dies eben fast die einzigen damals vorhandenen Sternbilder waren; aufserdem waren nämlich nur die Hyaden und der Hundsstern (Seirios) noch in homerischer Zeit bekannt. Von allen diesen, grofser Bär, Bootes, Plejaden, Hyaden, Orion, Seirios, ist ohne Zweifel der älteste der Bär oder, wie sein älterer Name lautet, der Wagen. Dieser besteht aus 7 Sternen, wovon 6 zweiter Gröfse sind, die an diesem nördlichsten Teile des Himmels so auffällig bei einander leuchten, dafs sie ungesucht dem Schiffer ein willkommenes Zeichen für die Nordrichtung darboten. Und es fiel auch nicht schwer, sie sich an der Figur eines Lastwagens mit vier Rädern und der aus drei Sternen gebildeten Deichsel zu merken. Die erwähnte Stelle der Odyssee beweist, dafs dies Sternbild ein uraltes Merkmal der griechischen Seefahrer war. Während uns aber die Odyssee die zur See fahrende Inselbevölkerung Griechenlands schildert,

führen uns die Dichtungen des Böoters **Hesiodos** in eine Landschaft von Ackerbauern, die nur mit Zagen die Schiffe bestiegen und ohne Abenteuerlust daheim der kräftigen Scholle ihres Vaterlandes Korn und Wein abgewannen. In **Hesiodos** Bauernkalender („Werke und Tage"), der etwa 800 v. Chr. entstanden sein mag, kommt der Wagen nicht vor, aber sonst werden dieselben Sternbilder wie die in homerischer Zeit bekannten erwähnt: der Bootes (Arkturos), die Plejaden, die Hyaden, der Orion, der Seirios. Sie alle dienten dem Landmanne als Wahrzeichen. Der Bauer, der früh vor Sonnenaufgang sich zu seinem Tagewerke erhob, beobachtete das Sichtbarwerden gewisser Gestirne am Horizont kurz vor dem Aufgang der Sonne, zuweilen, wenn auch mit weniger frischen Sinnen, ihren Aufgang in der Abenddämmerung, wenn er von des Tages Arbeit heimkehrte. Hierbei konnte natürlich nicht der wahre kosmische Aufgang beobachtet werden, was ja überhaupt unmöglich ist, weil die aufgehende Sonne die Sterne überstrahlt, sondern nur der von den Astronomen sogenannte heliakische Aufgang und der scheinbare kosmische Untergang. „Wenn die Plejaden, die Atlastöchter aufgehen, dann beginnt mit dem Schnitte, beim Untergang mit dem Pflügen", so lehrt **Hesiod** seine Landsleute; das erstere fand im Mai statt, letzteres im November. Weiter sagt er an einer anderen Stelle: „60 Tage nach Sonnenwende geht in der Abenddämmerung der Arkturos auf, dann kommt der Frühling, und man mufs den Weinstock beschneiden. Wenn aber der Orion aufgeht, dann ist es Zeit, das Getreide zu worfeln auf der Tenne und einzumessen, und wenn er und der Seirios morgens mitten am Himmel glänzen und früh der Arktur aufgeht, dann heifst es bald die Trauben pflücken." — Gewifs hatten schon lange vor **Hesiod** die böotischen Landleute diese Sternbilder gekannt. Einzelne Klügere hatten die anderen belehrt, dafs man sich die Sterne merken müsse, um die Zeit zu wissen für Saat und Ernte. Diese Leute sahen den Sternenhimmel nur aus praktischem Bedürfnis an, ohne phantasievolle Bewunderung und grübelndes Staunen, aber sie mufsten nun doch zur Unterscheidung den einzelnen Merkgestirnen Namen geben. Zuweilen waren es ja nur einzelne, besonders hell glänzende Sterne. So nannten sie den hellsten einfach den „gleifsenden" Stern (σείριος), den Seirios (lat. Sirius); wenn der in der Frühe aufging, dann kam die heifse Zeit, wo „die Hitze Kopf und Kniee der Männer lähmte und Laub und Gras dörrte." Noch ein anderer Stern erster Gröfse hat früh Beachtung gefunden, darum, weil er mit den ihn umgebenden vier kleinen Sternen dritter Gröfse untrennbar verbunden schien. Diese Gruppe ging immer

gerade dann morgens unter, wenn es Zeit zum Pflügen war. Der Bauer verglich sie mit einer Sau und ihren Jungen, die sich um die Mutter scharen und nannte sie darum die Schweineherde (Ὑάδες von ὗς). Jemand aber, dessen Kopf aufser seinem Bauernverstand auch noch ein wenig Sinn für andere Dinge als für die tägliche Arbeit und das liebe Vieh barg, machte aus der grofsen südwestlich von den Hyaden liegenden Sterngruppe, die zwei Sterne erster und vier Sterne zweiter Gröfse vereinigte, das Bild eines Riesen. Dieser Riese war aber nicht am Himmel heimisch, sondern es war nur das Bild eines solchen, eines wilden Jägers, Namens Orion, der einst vor vielen Jahren in den böotischen Wäldern gehaust und gejagt hatte. Zuletzt hatte ihn die Erde selbst, welche sich der von ihm unablässig verfolgten Tiere des Waldes erbarmte, getötet, indem sie einen riesigen Skorpion heraufschickte, der den Orion erstach. Nach einer andern jägerfreundlichen Sage hatte er Artemis beleidigt und fiel ihrer Rache zum Opfer. Nun sei er schon lange, lange tot, aber am Himmel, da könne man ihn noch sehen mit seinem Gürtel um den Leib und seiner Keule. Man sah ihn vor Sommeranfang zur Zeit der Kornernte aufgehen, und nach seinem Untergange im Herbste durfte man sich der See nicht mehr anvertrauen.

Viel näher bei den Hyaden als bei dem Orion steht eine denselben sehr ähnliche Sterngruppe, die weniger durch ihren Glanz als durch ihre kreisförmige (sieben Sterne fünfter Gröfse) Anordnung die Blicke des mit den Hyaden schon vertrauten Himmelsbeobachters auf sich lenkte. Diese gingen genau zur Erntezeit auf und zur Pflugzeit unter; diese mufste man sich also gut merken, und allmählich richtete man sich lieber nach ihnen als nach den Hyaden, die nicht so genau mit der Zeit stimmten. Hatte man jene aber mit einer kleinen Schweineherde verglichen, so sahen diese eher aus wie ein Schwarm Tauben, die kreisförmig geordnet die Luft wie eine glänzende Wolke durchschneiden. Man nannte sie also den Taubenschwarm, (πελειάς) Pleias, Plejade oder Plejaden analog den Hyaden.[1])

Plejaden, Hyaden, Orion, Seirios hatten ohne Zweifel von der ackerbautreibenden Bevölkerung des mittelgriechischen Festlandes ihre Namen erhalten. Den Seirios, der immer dem Orion folgte, nannte man nun bald nicht mehr den „gleifsenden“, sondern den Hund des Jägers Orion; so und nicht anders wird er bei Homer genannt; und mit der Zeit machte man dann aus dem halben Hundsstern und den

[1]) Leider ist diese Herleitung des Namens grammatisch nicht sicher, aber sie giebt die passendste Erklärung.

umliegenden Sternen zweiter Gröfse eine ganze Hundsfigur. Nach ihm nennt man heute noch die heifsen Hochsommertage die Hundetage. — Aber auch das Sternbild der Schiffer, der Wagen, wurde mit dem Riesen Orion in Verbindung gebracht, denn es fanden sich Leute, welche sagten, das sei kein Wagen, sondern, wenn man noch die umliegenden Sterne hinzunehme und ihn von der anderen Seite betrachte, so sähe die Figur 1 gerade aus[2]) wie ein sich duckender Bär, nach dem der Orion jage. Nachdem man sich aber einmal daran gewöhnt hatte, den Wagen auch Bären zu nennen, gab man dem hellen Stern erster Gröfse, der südlich unter dem Wagen die Blicke auf sich lenkt, den Namen Bärenwächter, Arkturos, und unter diesem Namen ist er Hesiod bekannt; er geht 60 Tage nach Sonnenwende in der Abend-



Fig. 1.

dämmerung auf, dann kommen die Schwalben und der Frühling. Diesen Stern hatte man sich gewifs seit alter Zeit gemerkt, und er hat auch noch einen älteren Namen, der mit dem Bären noch nichts zu schaffen hatte, und den er bei Homer führt. Er heifst nämlich „der Ochsenknecht", Bootes (βοώτης-βούτης). Dieser Name pafst weder zum Bären noch zum Wagen, da niemand bei dem Wagen auch die davorgespannten Ochsen sieht, vielmehr in den drei vorderen Sternen des Bildes nur die Deichsel sehen kann, ohne welche auch niemals aus den sieben Sternen ein Wagen hätte gemacht werden können. Es giebt noch einen dritten Namen des Wagensternbildes, der uns nur von den Römern genannt ist, „die sieben Dreschochsen" (septem triones), die immer im Kreise auf derselben Stelle umhergehen müssen. Mit Dreschochsen verglich man also recht drastisch die sieben Sterne, die sich immer in demselben kleinen Kreise um den Nordpol drehten,

[2]) Aus den sieben Wagensternen allein kann man natürlich keinen Bären machen, der Schwanz wäre viel zu grofs. Dies hat Buttmann treffend bemerkt und durch Zeichnung veranschaulicht. Abhdl. der Berl. Ak. phil.-hist. Kl. 1826 S. 35.

und den nächsten hellen Stern gab man ihnen als Ochsenknecht bei. Wenn aber dieser Name von Griechen erfunden ist, so ist es auch der andere, und wir haben die Septemtriones auch für ein ursprünglich griechisches Sternbild zu halten, dessen Name jedoch, früh durch andere (Wagen, Bär) verdrängt, nur noch in der Sprache der Römer, die ihn von den unteritalischen Griechen übernahmen, erhalten ist. Später ist dann der Name des Sternbildes bei den Lateinern Bezeichnung für die Nordrichtung überhaupt geworden und ist es noch heute.

Wie wir sahen, entsprangen die Namen der ältesten Sternbilder und Merksterne einem rein praktischen Bedürfnis, doch trat bald helfend und fördernd die dichterische Phantasie hinzu. Hyaden, Plejaden, Seirios, Wagen, Dreschochsen, Ochsenknecht verdanken ihre Namen rein praktischer Volksvorstellung; Orion, Hund des Orion, Bär, Bärenhüter einer dichterisch ausgeschmückten Sage. Erst ein weiterer Schritt ist es, wenn die dichterische Phantasie selbst Sternbilder erfindet, was in nachhomerischer Zeit geschehen ist. Aber auch dann noch suchte das sich immer erweiternde praktische Bedürfnis der Landleute und Seefahrer neue Merkzeichen am Himmel.

Da nämlich der Nordpunkt durch den Wagen nur sehr ungenügend bestimmt wurde, so brauchte der Schiffer, welcher lange Fahrten unternahm, eine genauere Festlegung desselben. Dazu benutzte man ein anderes Sternbild, den Hundeschwanz oder kleinen Bären. Die Sterngruppe, in welcher wirklich der Nordstern lag, sah aus wie ein aufgerichteter Hundeschwanz[3]); dann fafste man hauptsächlich die drei Sterne ins Auge, von denen heut der nördlichste der Nordpolarstern ist. Oder aber man verglich mit vier anderen Sternen zusammen die Gruppe mit dem Bären und nannte sie zum Unterschiede von ihm den kleinen Bären. Die alte Benennung Hundeschwanz ist uns noch in dem astronomischen Gedicht des Aratos (250 v. Chr.) erhalten. (Ebendort wird auch noch ein anderer, also vierter, Name für den grofsen Bären angegeben, Helike (d. h. Windung.) Nach dem kleinen Bären aber, also nach dem eigentlichen Nordpunkt, sollen sich zuerst als die kundigeren Seeleute die Phöniker gerichtet haben. Zur Trennung der beiden Bären erfand dann irgend ein mit reger Phantasie begabter Himmelsbeobachter die sich zwischen beiden ringelnde nördliche Schlange.

In ziemlich alte Zeit gehören vermutlich auch zwei Wetterzeichen, die beide durch andere Sternbilder später verdrängt wurden und nach

[3]) Vgl. hierfür Buttmann a. a. O. und seine Zeichnung.

Analogie der Hyaden und Plejaden gebildet sind. Das Sternbild des Fuhrmanns, der uns von den Griechen stets beschrieben wird mit einer Ziege auf dem Unterarm (daher der Stern Capella) und zwei Böckchen auf der Hand, ist eine Kombination aus zwei zu verschiedenen Zeiten gebildeten Merkfiguren.[4]) Die ältere war natürlich die Ziege mit den beiden Böckchen, die aus ähnlicher Himmelsbeobachtung hervorging wie die Sau mit den Jungen, indem man den Stern erster Gröfse Capella mit den beiden benachbarten dritter Gröfse mit einer von ihren beiden Zicklein begleiteten Ziege verglich. Ein späterer, etwas spitzfindiger Sterndeuter, der absichtlich Figuren am Himmel suchte, malte sich mit Zuhilfenahme einiger anderer Sterne die



Fig. 2.

Gestalt eines vornübergebeugt, die Rosse lenkenden Fuhrmannes (Fig. 2) aus, wozu freilich die naive Bauern-Phantasie nicht ausreichte; ein Dichter oder ein Gelehrter hat diese Entdeckung gemacht, und sie gehört einer späteren Periode an. Aber trotzdem galten Ziege und Böckchen, wie das Lehrgedicht des Aratos erzählt, noch in später Zeit bei ihrem Aufgang als Verkünder des Sturmes, waren also von Schiffern erfunden. — Wie der Fuhrmann die Ziegengruppe, so hat der Krebs ebenfalls ein älteres Sternbild, die Krippe mit den beiden Eseln verdrängt. Obwohl nur ein Häufchen von Sternen vierter Gröfse, fiel diese Gruppe doch wie die Plejaden durch ihre eigentümliche Zusammenstellung auf und hatte, wie auch Aratos aus älteren astronomischen Lehrbüchern überliefert und ausführlich beschreibt, als Wetterzeichen für den Schiffer grofsen Wert. Andere Leute, die aus jeder Sterngruppe möglichst eine einzelne Figur (3) zu machen suchten, entdeckten in dem krausen Häufchen ein Krebsgesicht.[5])

[4]) wie bereits Buttmann a. a. O. ausgeführt hat.

[5]) S. Buttmann S. 33.

— Solche Wetterzeichen für Schiffer, wie Böckchen und Krippe, wurden sehr gewissenhaft beschrieben und in belehrenden Büchern aufgezeichnet. Der erste griechische Naturforscher, Thales von Milet, soll um das Jahr 600 eine solche Schiffer-Sternkunde verfafst haben.

Aber schon die an Stelle dieser oben erwähnten Wetterzeichen getretenen Sternbilder beweisen, dafs man auch in mäfsigem Phantasiespiel Figuren aus den Sternen machte, ohne die zunächst liegende Vorstellung zu benutzen. Auch die Mythologie, d. h. die Sage, trat hier weiterbildend ein. Am südlichen Horizont findet sich eine Reihe von Sternbildern, die nicht aus dem praktischen Bedürfnis, sondern aus der dichterischen Reflexion entsprungen sind, die sich Gedanken über Himmel und Erde und ihren Zusammenhang macht. Dort sind



Fig. 3.

ja nach der homerischen Anschauung „die Grenzen der nährenden Erde (Ilias XIV, 200)", dort umströmt des „Okeanos-Flusses mächtige Kraft" am äufsersten Rande die Welt. Aus dem Okeanos kommen alle Gestirne herauf und versinken in ihm; einige von ihnen scheinen aber immer dem Beschauer des Sternenhimmels darauf zu schwimmen, ohne je ganz aus der nassen Flut hervorzutauchen. An den südlichen Sternhimmel hat man daher allerlei Wassertiere versetzt; ja wir finden dort sogar ein Schiff, in mythologischer Sprache ausgedrückt das Schiff, d. h. die Argo. Es liegt auf der Hand, dafs die Sternbilder Argo, Ketos (Walfisch), Eridanos, Wasserschlange, südlicher Fisch nicht zufällig nebeneinander liegen, sondern alle auf den die Erde umgebenden Okeanos zu beziehen sind. Von den genannten gehören Argo und Eridanos am engsten zusammen; jene ist eigentlich auf diesem schwimmend zu denken, da in der Argonautensage die Argo auf ihrer Fahrt nach Kolchis den Eridanos, den äufsersten Flufs der Erde, passierte. Damals dachte man sich diesen noch am äufsersten

Erdrande in den Okeanos strömend, während ihn die wissenschaftliche Erdkunde später bestimmt lokalisierte, z. B. nach Oberitalien, wo er mit dem Po identifiziert wurde. Dafs diese beiden Sternbilder nicht etwa ein Astronom erfand, sondern ein Dichter, dem es um Genauigkeit nicht zu thun war, beweist der grofse Zwischenraum zwischen Argo und Eridanos auf den Globen und Sternkarten. — Auch das Meerungeheuer, das Ketos, taucht natürlich aus dem Okeanos herauf, ebenso wie der südliche Fisch und die Wasserschlange, zu welcher Becher und Rabe ursprünglich nicht gehören. Rein dichterischer Erfindung verdanken denn auch die Bilder des Hasen und des kleinen Hundes (Prokyon) ihre Entstehung; ersterer wurde auf die nun schon verblafste Sage vom Jäger Orion bezogen und zwischen ihm und seinem Hunde aus einigen Sternen dritter und vierter Gröfse gebildet, zu letzterem gab der Stern erster Gröfse Veranlassung, welcher geraume Zeit vor Seirios und Orion aufging.

Eine andere Reihe von Sternbildern, die wir zuerst bei späteren astronomischen und Kalenderschriftstellern des 5.—4. Jahrhunderts v. Chr. erwähnt finden, hatte ursprünglich gar keine mythologische Beziehung, bekam eine solche vielmehr erst von Gelehrten oder gelehrten Dichtern des alexandrinischen Zeitalters. Ich meine hier folgende: Lyra, Kranz (später Kranz oder Krone der Ariadne), Adler (später Adler des Zeus), Schwan, Delphin, Pferd. Den Adler finden wir z. B. zuerst bei dem bekannten Philosophen Demokritos von Abdera erwähnt, der auch ein Buch über „Himmelszeichen" schrieb, etwa um 500 v. Chr. Geb. Aber auch die andern finden wir zuerst nur in kalendarischen Schriften erwähnt. Da nun die Namen dieser Figuren schon die bewufste Absicht verraten, zu einem gegebenen Zweck die Sterne zu Bildern zusammenzustellen, da sie sehr geistreich erdacht sind, so scheint mir dieser Zweck die mit dem Fortschritt der Kultur immer notwendiger werdende systematische Einteilung des Jahres nach Auf- und Untergängen von Gestirnen zu sein. Die paar alten Merkbilder der Bauern genügten nicht mehr, und man machte sich neue. Wie man übrigens selbst in viel späteren Zeiten des Altertums noch gewohnt war, die Auf- und Untergänge von Gestirnen zu wissen, beweist das bittere Bonmot von Cicero, der, als ein Freund ihn bei der Begrüfsung auf der Strafse darauf aufmerksam machte, dafs morgen die Lyra aufginge, kurz erwiderte: ja, aber auf Kommando, mit Anspielung auf den wenige Tage vorher neu eingeführten julianischen Kalender. — Nicht zufällig ist es dabei, dafs Kranz, Lyra, Adler, Delphin, Pegasus (Pferd) gerade den Zwischenraum zwischen Arktur

und Hyaden ausfüllen. Offenbar sind sie also zu einer Zeit erfunden, wo der Tierkreis noch nicht die beliebte Einteilung des Jahres in Griechenland geworden war.

War nun auf diese Weise allmählich der Himmel mit Gestalten bevölkert, so lag es für die halb-poetische Naturforschung jener Zeit nahe, auch die Zwischenräume mit Gestalten auszufüllen, auch wo keine Sterne erster oder zweiter Gröfse kalendarische Wichtigkeit erlangen konnten. Solche ausfüllenden Sternbilder sind aufser dem bereits erwähnten Drachen zwischen den beiden Bären der Knieende (Engonasin), den man erst in alexandrinischer Zeit mit dem Drachen in Verbindung brachte und Herkules nannte, ferner der Schlangenträger (Ophiuchos). Der Knieende ist ziemlich lichtschwach und nur für geübte Augen erkennbar; in der ziemlich komplizierten Figur, welche die Sternkarten zeigen, ist nur ein Stern zweiter Gröfse. Die Volksphantasie hätte nie eine so — man möchte sagen — farblose Gestalt wie die eines knieenden Mannes mit ausgebreiteten Armen, mit dessen Deutung sich die gelehrten alexandrinischen Dichter, z. B. auch Aratos abquälten, geschaffen. Dieselbe Bewandtnis hat es mit dem Schlangenträger. Die Schlange ist zwar ziemlich deutlich auch für unser Auge zwischen Arktur und Milchstrafse erkennbar; nun hatte man aber schon zwei Schlangen am Himmel, den Drachen zwischen den beiden Bären und die Wasserschlange; diese neue konnte nur jemand erfinden, der absolut Gestalten am Himmel schaffen wollte, und zur Unterscheidung von den übrigen Schlangen machte er aus den Sternen über und unter ihr den Schlangenmann.

In diesem Zusammenhange erst wird nun auch eine ganze Gruppe von Sternbildern verständlich, die man bisher immer für ein uraltes Produkt der griechischen Volksphantasie angesehen hat, nämlich die Andromedagruppe, zu welcher Andromeda, Kassiepeia, Kepheus, Perseus gehören; man hat diese Sternbilder für so alt gehalten, dafs sogar besonnene Forscher die Entstehung der Andromeda-Sage selbst aus den Sternbildern zu erklären versucht haben, obwohl sich von diesen Bildern bei Homer und Hesiod keine Spur findet. Wie kommt nun aber gerade diese Sage an den Himmel, von der stolzen und eitlen Königin Kassiepeia, die durch die Prahlerei mit ihrer Schönheit den Groll der Meernymphen erregt hatte, welche ein furchtbares Seeungeheuer heraufschickten, das zur Plage für das ganze Küstenreich des Königs Kepheus wurde? Die Götter liefsen ihm verkünden, dafs er dasselbe nur dadurch besänftigen könne, dafs er seine Tochter Andromeda in bräutlichem Schmuck am Strande aus-

setze und dem Untier preisgebe. Schon steht Andromeda an zwei Klippen gefesselt als Opfer für dieses bereit, da kommt durch die Luft auf Flügelschuhen ein strahlender Held, der schon manchen Kampf in fernen Ländern bestanden hat, Perseus; er tötet den Meerdrachen und erhält die befreite Prinzessin zur Braut. Mancher Dichter hat dies uralte griechische Seemärchen besungen, aber der es an den Sternenhimmel setzte, war vielleicht gar kein Dichter, oder aber ein gelehrter Dichter. Wie kam man nun aber gerade dazu, diese Figuren am Himmel zu entdecken? Denn der Kepheus ist sehr lichtschwach und steht auf den Himmelsgloben sogar auf dem Kopf, und sah doch wie jeder andere König aus. Auch von der Kassiepeia, die noch dazu bei der ganzen Scene recht unpassend auf einem Stuhl sitzend abgebildet wird, kann man nicht ausgegangen sein. Selbst Perseus und Andromeda wird ohne weiteres niemand am Himmel erkennen können. Eine Figur aber aus dem Märchen war allerdings schon am Himmel vorhanden, das Ketos oder Meerungeheuer. Und das war im Zusammenhang mit den Wassersternbildern an den Himmel gekommen, wie wir gezeigt haben. Andererseits spielt es in der Andromedasage eine wichtige Rolle. Wenn also jemand die noch übrigen Sterne nach Norden zu passend verteilen wollte, so konnte er vom Ketos ausgehend wohl darüber mit Zuhilfenahme der Sterne des Widders und der Fische, die damals noch nicht so bekannt waren, eine Figur herstellen mit ausgebreiteten Armen, welche wie die in der Tragödie auf dem Theater dargestellte an den Felsen geschmiedete Andromeda aussah. Die Sterne dicht neben dieser, unter denen auch zwei helle (zweiter Gröfse) stehen, wurden dann ganz natürlich zum Perseus, und die zackige Figur in der Milchstrafse, die man sonst mit einem lakonischen dreizackigen Schlüssel verglichen hatte, wurde zur sitzenden Kassiepeia. Weil man wegen Mangels an Sternen eine stehende Figur nicht herausbekam, so mufste sie auf einem Stuhle sitzen. Den Kepheus noch hinzuzufinden, hielt freilich sehr schwer; dazu mufsten ein paar Sterne dritter und vierter Gröfse dicht am Nordpol ausreichen, und so kam die ganze Familie auf recht gekünstelte Weise an den Himmel. Da offenbar das berühmte Drama des Euripides „Andromeda" diese Verstirnung mit veranlafst hat, so kann dieselbe nicht viel älter als das Jahr 400 v. Chr. sein.

Ganz besonderes Interesse hat von jeher die Frage nach dem Ursprunge der 12 Sternbilder des Tierkreises, d. h. der Ekliptik, erregt. Das Beste, was darüber gesagt ist, dürfte die Abhandlung von

Ideler sein (Abhdl. der Berliner Akademie 1838, S. 1 ff.). So betont er z. B. sehr richtig, dafs die Überlieferung völlig Glauben verdient, welche von der Einteilung der Ekliptik in 12 Teile durch die Babylonier berichtet. Schon die Zwölfzahl weist uns darauf hin. Die Babylonier wurden dadurch die Erfinder des Sonnenjahres und der Sonnenmonate, welche die Griechen von ihnen übernahmen. Aber eine ganz andere Frage ist, ob die Griechen auch die 12 Tierkreisbilder, welche die Teile der Ekliptik ausfüllen, mit übernommen haben, oder ob sie diese selbst für die vorhandene Einteilung lieferten. Das Argument, dafs die Babylonier die Tierkreisbilder für die Astrologie nötig hatten, ist nicht ausreichend, da wir nicht wissen, wann die babylonische Astrologie die Formen angenommen hat, in denen sie uns heute geläufig ist; wenigstens zeigen die gefundenen Täfelchen aus dem 11.—8. Jahrhundert mit astrologischen Beobachtungen andere Formen. Die Assyriologie hat nun neuerdings auch die 12 Tierkreisbilder selbst in babylonischen Keilschrifttexten und auf babylonischen Bildwerken nachweisen wollen. Eine ausführliche Widerlegung dieser Beweise werde ich an anderer Stelle versuchen, hier will ich nur betonen, dafs bisher nirgends auf einem assyrisch-babylonischen Bildwerk oder in einem alten Keilschrifttexte, der älter als das zweite Jahrhundert v. Chr. wäre, die uns bekannten 12 Zeichen entdeckt sind. Besonders Jensen in seiner Kosmologie der Babylonier hat sich vergeblich bemüht, für die einzelnen Zeichen babylonische Namen zu liefern. Hommel hat in mehreren Aufsätzen in der Zeitschrift „Das Ausland“ die Figuren der altbabylonischen Grenzsteine[6]), welche Göttersymbole darstellen, wie die Inschrift auf dem einen deutlich besagt, als Tierkreise und Sternbilder aufgefafst. Diese Identifizierung gelingt aber nie, denn die Bilder sind nicht immer dieselben und haben bis auf zwei nicht die geringste Ähnlichkeit mit den griechischen Tierkreisbildern, vor allem fehlt aber die Beziehung auf den Sternenhimmel sowie jede Reihenfolge. Völlig widerlegt wird aber Hommels Hypothese durch die Thatsache, dafs für die Merksterne der Planetendurchgänge, von denen Hommel in einer weiteren Abhandlung viele Namen entziffert, nie den für Tierkreisbilder gehaltenen Figuren entsprechende Benennungen vorkommen, sondern Namen wie: Stern des Königs, Stern der Schlange, Stern des Gottes Nidar, Bogenstern, Lanzenstern, Stern der schwangeren Frau, treuer Hüter des Himmels. Alle diese so benannten Sterne sind eben einzelne Sterne

[6]) Einige im Berliner, die Mehrzahl im britischen Museum. Sie sind mit Kontrakten über Landankäufe in Keilschrift bedeckt.

und nicht Sternbilder, d. h. aus Sternen zusammengesetzte Figuren, welche von den Orientalen erst spät in Anlehnung an die griechischen Vorstellungen gebraucht werden. Während die Araber eher zu einer bildlichen Verbindung mehrerer Sterne neigen, so benannten die Assyro-Babylonier nur einzelne Sterne. Ihre grofsartige Phantasie, in der sie den Griechen weit überlegen sind, verband mit jedem einzelnen Stern ein göttliches Wesen, oder ein göttliches Symbol, oder eine göttliche Eigenschaft, oder sie legten wenigstens irgend eine geheimnisvolle Beziehung hinein. Wenn der Grieche einen einzelnen Stern eine Ziege nannte, oder drei zusammen die Krippe mit den Eseln, oder einen anderen den Bärenhüter, so war das für ihn ein Bild, ein spielender Vergleich seiner klaren Vorstellungsweise, der das Wesen des Sternes nichts anging. Der Orientale, zumal der sehr religiös veranlagte Assyrer, wollte die geheimnisvolle Kraft, das göttliche Wesen des Sternes durch dessen Namen ausdrücken. Der Grieche, der schnell dazu kam, die Sterne für feurige Dunstmassen oder gar für blofse Lichtpunkte zu halten, steht damit unserer Anschauungsweise näher als der Orientale. In Wahrheit trat der Assyrer in ein viel engeres Verhältnis zu den Sternen, und genaue Sternbeobachtungen, wenn auch nur zu astrologischen Zwecken, wurden von ihnen bereits sehr früh vorgenommen. Sie kannten alle Sterne einzeln und hatten darum gar nicht nötig, sie zu Merkfiguren zusammenzustellen, und darum brauchten sie auch für die Ekliptik keine Bilder.

Die meisten Figuren des Tierkreises verraten auch keinen fremden Ursprung, sondern sind nach Analogie der übrigen Sternbilder zu erklären. Denn die Mehrzahl der 12 Bilder fällt auch durch Sterne erster oder zweiter Gröfse ins Auge und war für den griechischen Astronomen ebenso leicht zu merken, wie für den babylonischen. Nur Widder, Krebs, Steinbock, Fische sind lichtschwach. Von den übrigen ist der Stier nur ein anderer Name für die Hyaden, deren spitzes Dreieck, wie Buttmann bereits gezeigt hat, ein Stiergesicht darstellt, woraus man dann aus künstlerischen Rücksichten auf den Bildwerken bald ein Stiervorderteil, bald einen ganzen Stier machte; ohne Zweifel ist der Stier ein griechisches Sternbild, womöglich schon vor Einführung des Tierkreises erfunden, und gehört in dieselbe Kategorie von Sternbildern wie Fuhrmann und Krebs, da er die Hyaden verdrängte, wie jene Ziege und Eselkrippe. Ein sehr deutliches Bild liefert auch der Skorpion, dessen Stachel und grosse Scheren stark leuchten; vielleicht, dafs die Orionsage ihn zum Bilde gestaltete. Der Löwe (Fig. 4) mit zwei Sternen erster und ebensovielen zweiter Gröfse

kann möglicherweise auch schon vor Einführung der Ekliptik bekannt gewesen sein, und die ganze Sterngruppe sieht einem liegenden Raubtier nicht so unähnlich.[7]) Ebenso natürlich erklärt sich aus griechischer Himmelsbeobachtung das Bild der Zwillinge (Fig. 5), die sogar uns modernen Menschen scharf ins Auge fallen. Wer nämlich an einem mondlosen klaren Frühlingsabend den Blick auf den südwestlichen Sternenhimmel richtet, dem entgehen sie nicht, oben ein Stern erster und ein Stern zweiter Gröfse; ein gutes Stück tiefer unten steht noch ein Stern zweiter, und nimmt man dazu noch den etwas schwächeren Stern unter dem rechten Zwillingsstern, so sieht man ein deutliches Rhomboid, dessen lange Seiten sich scharf abheben, und aus denen zwei



Fig. 4.

aufrechte etwas schräg gestellte männliche Figuren zu machen, es gar keiner besonders regen Phantasie bedarf.

Die sechs übrigen Bilder, Widder, Jungfrau, Schütze, Steinbock (Capricornus), Wassermann, Fische, entsprechen keiner Sterngruppe am Himmel derartig, dafs sie direkt aus derselben geformt scheinen. Die Fische scheinen mit Rücksicht auf den Wassermann und das von ihm ausgegossene Wasser, das bei Aratos als eigenes Sternbild angeführt wird, entstanden zu sein. Scharfe Augen entdeckten auch an dieser Stelle des Himmels einen Sternnebel und verglichen ihn mit einem Wasserstreifen. Die Fische mindestens sind also eine Erfindung desjenigen, der zuerst den Tierkreis für die griechische Himmelskugel zusammenstellte. Und in der That wird uns von Plinius sogar der Name dieses Mannes überliefert, Kleostratos von Tenedos; er soll den Tierkreis eingeführt haben. Dieser schrieb, um das Jahr 500 etwa, eine „Sternkunde“ in Versen. Er mufste, da er nicht genug Bilder für die Zwölfteilung der Ekliptik hatte, den Skorpion teilen in das Tier selbst

[7]) Buttmann S. 29.

und die Scheren; für diese trat erst ganz spät, etwa im zweiten Jahrhundert v. Chr., die Wage ein, ein Symbol der Tag- und Nachtgleiche; Aratos und sogar der Astronom Hipparchos kennen an ihrer Stelle nur die Skorpionscheren. Dies ist eigentlich das sicherste Argument, dafs der Tierkreis nicht als Ganzes aus dem Orient übernommen ist, das zuerst der französische Archäologe Letronne geltend gemacht hat. Die Zusammenstellung von Fischen und Wassermann bestätigt dieses. Ebenso scheint der Widder zum Stier hinzu erfunden zu sein; mir ist das wenigstens glaubhafter als die Vermutung, dafs er nach einem babylonischen Stern, der Vorderschaf genannt sein soll,



Fig 5.

gebildet ist, wenn man erwägt, dafs bei den Babyloniern viele Sterne Himmelsstiere, Schafe u. s. w. hiefsen, ebenso wie es viele Zwillingsgestirne bei ihnen gab, von denen doch nur eins mit unsern Zwillingen gleichgesetzt werden kann.

Noch viel weniger als die Figur des Widders lassen sich die drei übrigen Bilder des Tierkreises, Schütze, Steinbock, Jungfrau aus den Sternen selbst erklären. Schütze und Steinbock sind übrigens recht mangelhafte Bezeichnungen, denn auf allen Kunstdenkmälern, die den Tierkreis darstellen, ausgenommen wenige ganz späte Monumente der römischen Kaiserzeit, erscheint der Schütze als ein mit dem Bogen schiefsender Kentaur und der Steinbock als eine Mischgestalt von Ziegenbock und Fisch, d. h. mit Fischschwanz. Diese Figur wurde namentlich auch dadurch populär, dafs sie Wappen des Augustus wurde, weil er im Zeichen des Tierkreisbildes geboren war. Es heifst immer Aigokeros, lateinisch Capricornus, also der Ziegenhörnige. Wenn wir nach den ältesten bildlichen Darstellungen desselben suchen, so finden wir sie merkwürdiger Weise auf assyrischen Denkmälern;

diese Figur ist also orientalischen Ursprungs. Er kommt sowohl auf den vorhin genannten Grenzsteinen, wie auch allein auf den cylinderförmigen Siegelsteinen der Assyrer vor. Es ist also anzunehmen, daſs er wie viele der abenteuerlichen Tiermischbildungen eins der heiligen Symbole der Assyrobabylonier war, in deren Bedeutung man bisher freilich noch wenig eingedrungen ist. Dasselbe trifft für den Schützen zu, der als bogenschieſsender Kentaur nicht aus der älteren griechischen Kunst abzuleiten ist, weil der Bogen als Waffe des Kentauren in dieser ganz unerhört ist. Aber auf sehr alten assyrischen Denkmälern kommen sie so vor, hier mit Flügeln, Kappe und andern sonderbaren Attributen ausgestattet, dabei den Bogen abschieſsend; sie hängen zusammen mit Darstellungen von Skorpionmenschen, die auch bogenschieſsend dargestellt sind und in dem berühmten, auf Thontafeln aufgezeichneten, in den Trümmern von Niniveh aufgefundenen Izdubar-Epos eine Rolle spielen. Diese bewaffneten Mischwesen müssen eine Art Dämonen gewesen sein, die mit den Göttern in Verbindung standen und auch als ihre Symbole verwendet wurden. Der bogenschieſsende Kentaur kommt einzeln (mit Skorpion) und auch inmitten der Figuren der Grenzsteine vor. Wie kamen nun aber der Ziegenfisch und der schieſsende Pferde-Skorpionmensch allein in den griechischen Tierkreis, warum ist nicht der ganze Tierkreis eine Reihe von solchen symbolischen Figuren? Die einzige Erklärung, die es meiner Ansicht nach für diese auffallende Thatsache giebt, ist folgende. Der Tierkreis als solcher existierte ursprünglich gar nicht am Sternenhimmel, sondern als eine Reihe von symbolischen Figuren. Von dieser Reihe blieben Schütze und Ziegenfisch übrig, als der Tierkreis zur Ausfüllung der Ekliptik verwendet wurde, um das Sonnenjahr einzuteilen. Er muſste also als Reihe von symbolischen Bildern auch zur Einteilung des Jahres gedient haben. Dann diente er eben als Kalender. Die seltsamen Mischwesen oder heiligen Tiere waren also Kalendersymbole, welche jeden Monat einem Gotte heiligten. Ein akkadischer Kalender, den Lenormant in seinen origines de l'histoire I Tafel 1 veröffentlicht, verbindet jeden Monat mit einem Gotte und führt auch Symbole an, in denen allerdings nur einmal ein heiliges Tier vorkommt. Aber hier können uns die Grenzsteine die Vermittlung herstellen, auf denen meistens zwölf Göttersymbole in Gestalt von Tieren, Altären, Waffen, Mischwesen abgebildet sind, unter denen einmal der Ziegenfisch und einmal der kentaurähnliche Skorpionmensch vorkommt. Dies war vermutlich eine Reihe von Göttersymbolen, wie man sie auch für Kalender verwertete, denn auf den Grenzsteinen selbst hatten sie ja nur ab-

wehrende Bedeutung gegen die Verletzung des geschlossenen Kontraktes. Dieselben sind aber aufserdem auch ohne Zweifel für den Kalender verwertet worden. Der astronomische Kalender ersetzte seit Kleostratos diese Symbole durch die Sternbilder der Ekliptik, und von den alten babylonischen Symbolen blieben nur noch wenige, wie Schütze und Ziegenfisch, übrig.

Und auch das Sternbild der Jungfrau findet vielleicht auf diesem Wege seine Erklärung. Sie wird stets als eine bekleidete weibliche Figur mit Flügeln und einer oder mehreren Ähren in der Hand abgebildet. Die Ähre wird sogar als besonderes Sternbild aufgeführt und um den Stern erster Gröfse, der noch immer Spica genannt wird, gruppiert. Eine Jungfrau ist aber als Bild am Sternenhimmel keineswegs sichtbar, und nicht einmal eine Ähre läfst sich trotz des hellen Sternes Spica erkennen. Mit Recht haben daher eine Reihe von Assyriologen hier auch eine Beziehung zum babylonischen Kalender vermutet, da auffallender Weise der sechste Monat im akkadischen Kalender durch das Symbol „die Ernte der Göttin Istar" bezeichnet wird. Im Kalender wird das durch eine Ähre bezeichnet gewesen sein, wie ja auch auf den Grenzsteinen unter den Göttersymbolen zuweilen eine Ähre erscheint. So kam die Ähre an den Sternenhimmel, indem der griechische Astronom — Kleostratos — das babylonische Kalenderzeichen einsetzte. Nicht mit Sicherheit läfst sich behaupten, dafs die Jungfrau eine Umbildung der Göttin Istar sei, was ja alle Schwierigkeiten heben würde und auch schon vermutet ist. Wie erklären sich nämlich die Flügel, welche Istar nicht hat? Die Griechen selbst wufsten auch nicht, wie diese Gestalt in den Tierkreis gekommen sei; einige nannten sie die Tochter des Astraios, des Vaters der Sterne, andere aber, wie der Dichter Aratos, deuteten sie als Dike, die personifizierte Gerechtigkeit, die einst unter den Menschen gewohnt hatte auf Erden im goldenen und auch noch im silbernen Zeitalter, im ehernen aber sich mit Abscheu von dem entarteten und verrohten Menschengeschlecht abwandte und an den Himmel flog. So gab der Dichter der „Himmelserscheinungen" seinem Unvermögen, die Entstehung dieses Sternbildes zu erklären, in zierlich epischer Weise Ausdruck. Wir begnügen uns mit der Thatsache, dafs die Figur von dem Erfinder des Tierkreises, der ja auch in Versen schrieb, zuerst mit dem alten babylonischen Monatssymbol der Ähre kombiniert wurde.

Die wissenschaftliche Astronomie der Griechen begann mit Hipparchos, der um die Mitte des zweiten Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung auf Rhodos lebte und lehrte. Wie wenig wissenschaftlich

in unserm Sinne die früheren Astronomen zu Werke gingen, beweist die Thatsache, dafs ein älterer Zeitgenosse des Hipparchos, Attalos, ganz ernsthaft die vielfach falschen Angaben der Himmelsbeschreibung des Dichters Aratos zu verteidigen suchte. Hipparchos schrieb eine besondere Polemik gegen ihn und Eudoxos von Knidos, dem Aratos seine falschen Sternbilderdispositionen, die wir noch besitzen, meistens entlehnt hatte.[8]) Die Namen der Sternbilder aber und zum grofsen Teil auch die Formen der Bilder selbst behielt Hipparchos bei und mit ihm das ganze Altertum und Mittelalter. Ägypter, Inder und Araber kopierten die griechischen Himmelsgloben und übersetzten die Namen der griechischen Sternbilder. Eine neue Verteilung der Sternbilder mit bedeutender Vermehrung der Sterne und mit Verwertung der Beobachtungen von Copernicus und Tycho de Brahe gab erst Bayer in seiner Uranometrie, die in Augsburg 1603 erschien. Auf diesem Werke beruht mehr oder weniger die äufsere Einrichtung aller jetzt im Gebrauch befindlichen Himmelsatlanten.

[8]) 1894 von Manitius mit deutscher Übersetzung im Teubnerschen Verlage herausgegeben.

Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz.

Von Prof. Dr. **Carl Koppe** in Braunschweig.

(Fortsetzung).

I. Die Normalbahnen.

Der Bau einer Eisenbahn-Verbindung über und durch die Hochalpen ist naturgemäfs weit schwieriger, als die Anlage einer Bahn in der Ebene, dem Hügellande oder Mittelgebirge. Nicht allein nehmen alle Bauausführungen viel gröfsere und bisweilen ganz gewaltige Verhältnisse an, entsprechend dem Charakter des Hochgebirges, sondern es mufs vor allem auch die eingehendste Rücksicht genommen werden auf möglichste Sicherung des Betriebes gegen Gefährdungen aller Art, wie Felsstürze, Rutschungen, Wildbäche, Hochwasser, Vereisungen, Schneeverwehungen, Lawinen u. dergl. Der Möglichkeiten, die Bahnlinie zu führen und zu verlegen, giebt es unendlich viele. Jede einzelne Trace hat ihre besonderen Eigentümlichkeiten, ihre Vorteile und Nachteile in Hinsicht auf Aulage und Betrieb. Unter allen diesen Möglichkeiten diejenige Linie ausfindig zu machen, welche mit den geringsten Anlagekosten die gröfsten Vorzüge und Vorteile für den Betrieb verbindet, ist die Aufgabe des leitenden Ingenieurs, welche an seinen Scharfsinn und richtigen Blick die höchsten Anforderungen stellt. Für eine Bahnanlage durch die Hochalpen ist diese Aufgabe so kompliziert und umfassend, dafs sie von einem einzelnen Techniker nicht wohl bewältigt werden kann. Die zur Ausführung gelangten Eisenbahnbauten sind aus langjährigen Vorarbeiten und Vorstudien, an denen sich viele der besten Ingenieure beteiligt haben, als Endresultat hervorgegangen.

Bei allen diesen Bahnen handelt es sich wesentlich um zwei Hauptanlagen, einmal um die Durchbohrung des Gebirgsmassivs, welches zur direkten Überschreitung mit der Bahnlinie zu hoch ist, durch einen in bestimmter, zulässiger Höhe gelegenen langen Tunnel, und dann um die Zuführung der Bahnlinie zu den Mündungen dieses Alpendurchstiches zu beiden Seiten des Berges.

Schon bald nach Erfindung der Eisenbahnen überhaupt und dem Bau der ersten Schienenwege im Flachlande tauchten kühne Projekte auf, das sonnige Italien, die Sehnsucht aller nordischen Völker, durch Alpenbahnen leichter zugänglich zu machen; aber erst im Jahre 1857 begann der Bau des ersten grofsen Alpentunnels durch den Col de Fréjus unter Leitung der Ingenieure Sommellier und Grattoni, von denen der erstere in Verbindung mit dem Genfer Physiker Colladon zum ersten Male komprimierte Luft als Triebkraft für die mechanische Bohrung mittelst Bohrmaschinen benutzte. Der Bau des Mont-Cenis-Tunnels und die Erfindung der mechanischen Bohrung mit Bohrmaschinen, durch welche der Bau grofser Alpentunnels, wenn nicht erst ermöglicht, so doch sehr wesentlich erleichtert wurde, waren von epochemachender Bedeutung. Diese trat weniger allgemein hervor, weil der Durchschlag des Mont-Cenis-Tunnels und die Eröffnung der ersten grofsen Alpenbahn in die Kriegsjahre 1870—71 fiel, in eine Zeit, in welcher die Welt aufmerksamer auf den Donner der Kanonen, als auf die Sprengungen in den Alpen lauschte.

Ganz anders am Gotthard. Für den Bau dieser zweiten Alpenbahn, welche die Schweiz von Norden nach Süden durchschneidet, war das Interesse, namentlich auch in Deutschland, ein ganz aufserordentlich reges, und mit Recht; denn einmal sind wir durch sie dem sonnigen Süden wesentlich näher gerückt, und dann bildet die Anlage der Gotthardbahn unstreitig eine der grofsartigsten und genialsten Bauausführungen überhaupt.

Waren die Erfolge und Fortschritte im Tunnelbau auch wesentlich bedingt durch die Erfahrungen und Erfindungen der Ingenieure am Mont-Cenis, so bildet auf der anderen Seite die Linienführung von Nord und Süd zu den beiden Tunnelmündungen in Göschenen und Airolo eine Leistung, mit welcher keine der früheren Bahnanlagen vergleichbar ist, ja die Festschrift des Schweizerischen Ingenieur-Vereins vom Jahre 1893 nennt sie unbedenklich eine der genialsten Leistungen des menschlichen Geistes überhaupt, was um so bemerkenswerter erscheint, als die beiden ersten Oberingenieure der Gotthardbahn, welche die Anlage dieser Zufahrtslinien leiteten, Deutsche waren, Gerwig, ein Badenser, und Hellwag, ein Hollsteiner.

In einer früheren Abhandlung, „Die Vorarbeiten für den Bau der Gotthardbahn, Absteckung und Durchschlag des Gotthardtunnels," Jahrgang VI dieser Zeitschrift und No. 31 der Sammlung populärer Schriften, herausgegeben von der Gesellschaft Urania, habe ich die Arbeiten für die Gotthardbahn eingehender beschrieben, weshalb die

Linienführung am Gotthard hier nur insoweit dargestellt wird, wie es des Zusammenhanges halber notwendig erscheint. Bei Anlage der Simplonbahn konzentriert sich das Interesse fast ausschliefslich auf die Bauausführung des grofsen Tunnels, da die Zufahrtslinien nur kurz sind; dort werden wir daher auf erstere näher einzugehen haben.

Die Gotthardbahn beginnt bei Luzern am Vierwaldstätter See, führt nördlich um den Rigi herum, berührt den See von neuem bei Brunnen und folgt ihm parallel der Axenstrafse durch viele Tunnels mit herrlichem Durchblick auf See und Berge bis Flüelen am Eingange des Reufsthales. Dieses ist zunächst so flach und breit, dafs



Fig. 3. **Entwicklung der Gotthardbahn im Reufsthale.**

die Bahnlinie ihm unmittelbar und ohne Schwierigkeiten folgen kann bis nach Erstfeld in der Nähe von Amsteg. Die zulässige Maximalsteigung bei Normalbahnen für den durchgehenden Verkehr beträgt 1 : 40, d. h. man mufs für jeden Meter Höhe, welchen die Bahn ersteigen soll, je 40 m horizontale Bahnlänge haben. Ist nun die mittlere natürliche Steigung eines Thal- oder Flufslaufes gröfser als 1 : 40, z. B. wie im Reufsthale von Amsteg nach Göschenen, wo sie rund 1 : 30 beträgt, so kann die Bahn dem Thale nicht unmittelbar folgen, da ihre Länge zu kurz für die grofse Steigung, bezw. den zu überwindenden Höhenunterschied wird. Die Bahnlinie mufs dann entwickelt, d. h. durch Umwege künstlich verlängert werden. Wie dies auf der Nordseite des Gotthard geschehen, zeigt Fig. 3.

Da die Seitenthäler zu steil sind, um die Linie in sie hineinzuführen und durch Ausfahren derselben entsprechend zu verlängern, wurde die Bahn am Pfaffensprung, der ersten Thalstufe oberhalb Amsteg, als

Tunnel in den Berg hineingeführt. Sie beschreibt in ihm einen vollen Umkreis, und da sie zugleich mit 1 : 40 ansteigt, so tritt sie um rund 50 m gehoben oben über der Thalsohle heraus. (Fig. 4.) Nun folgt sie dem Thallaufe an der Berglehne entlang mit der zulässigen Steigung, senkt sich aber, da die natürliche Steigung des Thales gröfser ist, bald wieder auf den Boden desselben herab, den sie unterhalb Wasen erreicht. Hier beginnt nun eine zweite, weitere Entwicklung. In einer langen Schleife wird die Bahn dreimal beim Dorfe Wasen vorbeigeführt. Zwei



Fig. 4. **Hebung der Bahn durch den Kehrtunnel am Pfaffensprung.**

grofse Kehrtunnels vermitteln die Wendungen, und auf 5 hohen Brücken überschreitet die Bahn zweimal die Gotthardreufs und dreimal die tiefeingeschnittene Mayenreufs, um schliefslich der durch die Umwege vergröfserten Länge entsprechend um nahezu 130 m gehoben an der westlichen Berglehne durch Tunnels etc., vor Lawinen geschützt, in direkter Linie nach Göschenen weiter geführt zu werden, wo sie nach Überschreitung der Göschener Reufs den nördlichen Tunneleingang erreicht. Die erste Hebung der Bahn durch den Pfaffensprungtunnel gestattet eine weit vorteilhaftere Linienführung in Bezug auf die beiden sehr verschiedenen Thalseiten, von denen die eine, der sogenannte Wasener Wald, von einer mächtigen Geröllhalde gebildet wird, als wie die früheren Projekte, während die lange Schleife bei Wasen trotz der be-

deutenden Hebung der Bahnlinie es möglich macht, die Station Wasen in die unmittelhare Nähe der Strafse und der Ortschaft zu legen, so dafs dieselbe von beiden leicht zugänglich ist. Auch landschaftlich hat eine Fahrt durch diese grofsartige Entwicklungsschleife einen eigentümlichen Reiz. Der Reisende, welcher nicht sehr genau mit der Linienführung vertraut ist, kann sich bei dem raschen Wechsel der Ausblicke nur schwer orientieren und weifs sehr bald nicht mehr, wohin er bewundernd zuerst schauen soll, wenn er den Ort erst über, dann hinter sich, zur Rechten und zur Linken erblickt, während Tunnels, Brücken, tief eingeschnittene Schluchten und weite Thalansichten in rascher Folge an seinen Augen vorüber ziehen.

Nicht minder interessant und meisterhaft ist die Linienführung auf der Südseite des Gotthard im Tessin-Thale. Dasselbe hat drei ziemlich gleichmäfsig und nicht so stark wie das Reufsthal geneigte Abteilungen, das untere, mittlere und obere Tessin-Thal, welche aber durch zwei steil abfallende Stufen getrennt sind. Die Überwindung dieser Stromschnellen, welche der Tessin oberhalb Giornico in der Biaschina, und oberhalb Faido bei Daziogrande tief in den Felsen eingeschnitten hat, war eine der schwierigsten Aufgaben, und erst nach mancherlei vergeblichen Versuchen und verfehlten Projekten gelang es dem Oberingenieur Hellwag, die jetzt ausgebaute Trace zu finden. Bei Bellinzona, der nördlichen Hauptstadt des Kantons Tessin, liegt die Bahn im weiten Flufsthale, dem sie ohne besondere Schwierigkeiten folgt bis Biasca und Giornico, wo gleich oberhalb des letztgenannten Ortes die erste Thalstufe zu überwinden ist. Dies wird bewerkstelligt durch zwei Kehrtunnels, welche unmittelbar auf einander folgen, derart, dafs sie sich im Grundrisse beinahe berühren. Durch sie wird die Bahn bis zum mittleren Tessinthale gehoben, welchem sie dann in direkter Linie folgen kann bis Faido, dem letzten Orte auf der Südseite des Gotthard, wo die Traube und die zahme Kastanie im Freien gedeihen. Etwas oberhalb dieses Ortes beginnt die wilde Dazioschlucht, eine der grofsartigsten Partieen am Gotthard und in den schweizerischen Gebirgsthälern überhaupt, in welcher der Tessin stellenweise auf einen Meter Breite eingeengt durch viele hundert Meter hohe, steile Felswände hindurch donnernd und schäumend hinunterstürzt. Auch diese Thalstufe wird mit Umgehung der Oscolehne, einer in Rutschung begriffenen mächtigen Gesteins- und Trümmerhalde, durch zwei Spiraltunnels überwunden, den Prato- und den Freggio-Kehrtunnel, von denen der eine auf dem rechten, der andere auf dem linken Tessinufer liegt. Vor dem Eintritt in den letzteren überschreitet die Bahn die Land-

strafse und den Flufs in der engen Felsenschlucht. Nach dem Austritt aus dem Tunnel gestattet sie dem Reisenden, der auch hier nicht rasch und oft genug um sich zu schauen vermag, um die wechselvollen grofsartigen Bilder in sich aufnehmen zu können, noch einen letzten Blick auf den zurückgelegten, vielfach gewundenen Weg, die kunstvollen Bauten und das nach Süden sich absenkende Thal. Er nimmt hier gleichsam Abschied vom italienischen Himmel und Klima, denn die Bahnlinie führt ihn durch den Dazio-Tunnel in das hochgelegene obere Tessinthal mit alpiner Vegetation, und bald ist die Station Airolo, der südliche Eingang des Gotthardtunnels erreicht.

Dieser Linienführung am Gotthard ist ganz allgemein die Anerkennung als einer geradezu genialen Musterleistung zu teil geworden. Alle früheren Projekte waren wesentlich unvollkommener; entweder benutzten sie zur Überwindung der Thalstufen steile Rampen mit künstlicher Hebung durch Drahtseil, Zahnstange etc., was eine wesentliche Beeinträchtigung und Erschwerung des Bahn-Betriebes mit sich gebracht haben würde, oder sie führten die Linie hoch oben am Berge entlang, wodurch sie schwer zugänglich geworden wäre, während eine Überschreitung des Thales in solcher Höhe, um abwechselnd die eine oder die andere Thallehne je nach den besseren Terrainverhältnissen benutzen zu können, ganz ausgeschlossen war, und dergl. Erst Hellwag gelang es, gestützt auf die Arbeiten seiner Vorgänger, die ganze Linie als ununterbrochene Normalbahn mit der zulässigen Steigung der Gestalt des Thales so anzupassen, dafs die Linie nirgends von der Thalsohle zu sehr in die Höhe gerückt und abwechselnd an diejenige Thalseite gelegt wurde, welche den geringsten Aufwand an Baukosten erforderte und für die Sicherheit des Betriebes die vorteilhafteste ist, wie solches seit ihrer Eröffnung im Frühjahr 1882 immer deutlicher zu Tage tritt. Mit vollem Rechte sagt daher die bereits erwähnte schweizerische Festschrift bei ihrer Besprechung der Gotthardbahn, indem sie keineswegs den Bau des grofsen Gotthardtunnels in den Vordergrund stellt: „Das hervorragendste technische Interesse, welches diese Bauten bieten, besteht in der Lösung, welche die Tracierung gefunden hat, um bei Einhaltung einer Maximalsteigung von 25—27‰ die erforderliche Entwicklung in den steil ansteigenden Thälern der Reufs und des Tessin zu schaffen.“ Unbeschadet der Leistungen am Gotthardtunnel selbst wird dieser Linienführung die Anerkennung einer der genialsten Leistungen der Ingenieur-Baukunst für alle Zeiten verbleiben.

Wesentlich anders als am Gotthard stellt sich am Simplon das

Verhältnis der Zufahrtslinien in Bezug auf technische Schwierigkeiten zum grofsen Tunnel, welcher in einer Länge von 20 km durch das Massiv des Monte Leone gebohrt werden soll. Der nördliche Tunneleingang liegt nur 2,5 km von Brieg, der Endstation der Rhonethal-Bahn entfernt, und auch die Zufahrtslinie auf der Südseite des Berges von Domo d'Ossola zur südlichen Tunnelmündung ist, wenngleich erheblich länger wie die Nordrampe, in Hinsicht auf die Schwierigkeiten ihres Ausbaues nicht entfernt zu vergleichen mit den Zufahrtslinien zum Gotthardtunnel. Am Simplon konzentriert sich daher das Interesse vornehmlich auf die Ausführung des grofsen Alpendurchstiches, aber nicht in erster Linie wegen seiner Länge, die um 5 km gröfser ist wie die Länge des Gotthardtunnels, sondern wegen der hohen Gesteinstemperatur, die man in seinem Innern antreffen und zu überwinden haben wird. Auf Bekämpfung und Herabminderung der Temperatur im Tunnel beim Ausbau und beim Betriebe desselben waren und sind daher die Bemühungen und Bestrebungen der Ingenieure hier in erster Linie gerichtet, da von einer genügenden Abkühlung der Luft im Innern des Tunnels die Möglichkeit seiner Bauausführung abhängt. Infolge der schlimmen Erfahrungen am Gotthardtunnel, d. h. Massen-Erkrankung der Arbeiter durch die hohen Temperaturen im Innern des Berges, hat der Schweizerische Bundesrat erklärt, dafs kein Projekt zur Ausführung gelangen soll, welches nicht mit Sicherheit den Nachweis liefert, dafs durch entsprechende Einrichtungen und Mafsnahmen die Lufttemperatur während der Arbeiten im Innern des Berges wesentlich weiter abgekühlt werden kann, als am Gotthard, wo das Maximum einige dreifsig Grad betrug, bei welcher Temperatur die Leistungsfähigkeit der Arbeiter an der äufsersten Grenze angekommen war, sodafs eine Vollendung des begonnenen Durchstiches nur auf Kosten ihrer Gesundheit möglich wurde.

Die Wiederholung von Vorkommnissen ähnlicher Art beim Simplondurchstich, wo die Gesteinstemperatur noch 5° bis 10° höher sein wird, soll laut Bundesrat-Beschlufs verhindert werden. Aufgabe der Technik ist es, dieser Bedingung gerecht zu werden, wenn anders der Simplondurchstich ausgeführt werden soll.

Projekte zur Bohrung des Simplontunnels wurden bereits in den sechziger Jahren aufgestellt, nachdem man schon mit dem Bau des Mont Cenis-Tunnels begonnen hatte, und seither ist ihre Zahl derart angewachsen, dafs es schwerlich einen zweiten Alpendurchstich geben dürfte, für dessen Ausführung so viele verschiedenartige Vorschläge und Bear-

beitungen aufgestellt worden sind, wie für den Simplontunnel. Alle diese Projekte entsprechen dem jeweiligen Standpunkte der Tunnelbaukunde und geben ein Bild ihrer Entwicklung in den letzten Jahrzehnten. Zunächst wollte man den Tunnel möglichst hoch legen, um ihn nicht zu lang werden zu lassen in Anbetracht der grofsen Schwierigkeiten, welche die Durchbohrung langer Tunnels damals verursachte. Dann wurden aber schwierig herzustellende, steile Zufahrtsrampen notwendig, welche den Betrieb der Bahn kostspielig und unrentabel machen mufsten. Nach und nach kam man in Berücksichtigung dieser Nachteile auf immer tiefere Lagen des Tunnels, zumal nach dem Ausbau der Mont Cenis- und der Gottbardbahn jede Aussicht geschwunden war, dafs eine Simplonbahn mit hochgelegenem Tunnel sich jemals rentieren würde. Beim Tieferlegen des Durchstiches stieg aber die Temperatur des Gesteins, welche man im Innern antreffen mufste, und zwar über 40° hinaus, welche Temperatur als oberste Grenze der Arbeitsfähigkeit von Menschen in feuchter Luft von Du Bois-Reymond und anderen bezeichnet worden war, und die nach dem erwähnten Bundesrat-Beschlusse nahezu um die Hälfte künstlich herabgemindert werden mufste, was schwer zu erreichen schien.

Man suchte dann die zu erwartende hohe Gesteinstemperatur dadurch herabzumindern, dafs man dem Tunnel eine gebrochene Richtung gab, um durch Folgen der Terrainmulden die Dicke der überliegenden Gesteinsmassen geringer zu machen, da von dieser die Innentemperatur abhängt, und um zur Ventilation und Abkühlung Luftschächte anlegen zu können. Alle diese Vorschläge hatten jedoch wieder den Nachteil, dafs sie die Tunnellänge und die Baukosten vergröfserten, ohne eine so erhebliche Herabminderung der Gesteinstemperatur zu erzielen, dafs sie dem Zuwachs an Arbeit entsprach. Schwerwiegende Rücksichten aber waren zu nehmen auf die Kosten der ganzen Bahnanlage, welche nicht leicht aufgebracht werden konnten. Frankreich, welches eine Zeitlang als Konkurrenzprojekt gegen den Gotthard und Deutschland das Unternehmen fördern zu wollen schien, war zur pekuniären Beihülfe nicht zu bewegen. Einen festen Halt bekam das Simplon-Projekt 1878 durch die gesetzlich garantierte Staatssubvention von $4\frac{1}{2}$ Millionen Frcs., zu welcher sich die Eidgenossenschaft bei Rekonstruktion des Gotthard-Unternehmens verpflichtete.

Die Kantone der Westschweiz erklärten sich bereit, ihrerseits weitere 7 Millionen Frcs. Zuschufs zu zahlen, infolgedessen eifrige Studien und Vorarbeiten in den achtziger Jahren, namentlich unter

Leitung des Oberingenieurs J. Meyer mit Zuziehung von Vertretern der Geologie gemacht wurden, um die günstigste Linie ausfindig zu machen. Diese Arbeiten führten auf einen gebrochenen Tunnel von 20 km Länge und eine Herabminderung der Gesteinstemperatur bis auf etwa 35° C. Im Jahre 1887 wurden diese Vorarbeiten weiter fortgeführt und auf Veranlassung der 5 Kantone der Westschweiz, der Simplonbahn-Gesellschaft und der schweizerischen Eisenbahnbank eine Experten-Kommission zur Begutachtung der verschiedenen vorliegenden Projekte ernannt, welcher die H.H. Polonceau, Ober-Ingenieur in Paris, Doppler, Generalinspektor der österreichischen Staatsbahnen in Wien, sowie mehrere schweizerische Ingenieure angehörten. Diese Experten-Kommission konstatierte in erster Linie, dafs die Simplon-Bahn eine wesentliche Abkürzung des Weges von Paris nach Mailand gegenüber der Gotthard-Route darbieten würde, wie folgende Vergleichung der für den Betrieb in Betracht kommenden Längen ergiebt:

virt. Länge Paris-Mailand via Simplon . . 979 km
„ Gotthard . 1056 „
„ Mont-Cenis 1056 „

welchen Zahlen eine Abkürzung von 7—8 pCt. entspricht.

Vorausgesetzt ist hierbei, dafs der 20 km lange Basistunnel mit einer Scheitelhöhe von nur 700 m über dem Meere zur Ausführung gelangt, dessen Anlage die Experten in erster Linie als die beste Lösung befürworten. Als Hauptschwierigkeit, welche seinem Bau entgegensteht, bezeichnet die Kommission die zu erwartende hohe Gesteinstemperatur, welche jedenfalls noch 5° höher sein wird, wie im Innern des Gotthardtunnels, wo die Arbeiter schon so schwer und bedenklich unter der grofsen Hitze zu leiden hatten. Das Maximum der Gesteinstemperatur betrug dort 30,8° C., gegenüber 29,5° C., auf welche die Gesteinstemperatur am Mont-Cenis auf eine kurze Strecke anstieg; aber am Gotthard mufste während mehrerer Jahre bei einer Temperatur von mehr als 29° gearbeitet werden, da die Gesteinstemperatur auf eine Länge von 5 km höher war. Schon bei 29° Gesteinstemperatur, welcher infolge des Sprengens, der Lampen etc. eine um mehrere Grade erhöhte Lufttemperatur entspricht, zeigten sich Erkrankungen der Arbeiter an Anämie, welche derart zunahmen, dafs im letzten halben Jahre vor dem Durchschlage auf der Südseite, wo die Luft feuchter war, 60 pCt. aller Arbeiter von dieser Krankheit befallen wurden, darunter viele in schwerem Grade. Die Tagelöhne

mufsten um 25 pCt. erhöht, die Arbeitszeit von 7 auf 5 Stunden gleichzeitig herabgesetzt werden. 20 Pferde und Maultiere fielen monatlich am Hitzschlage im Tunnel. Man sah sich an der Grenze der Leistungsfähigkeit von Menschen und Tieren angelangt und atmete erleichtert auf, als der Durchschlag natürliche Ventilation, bessere Luft und Abkühlung brachte. Nicht unbedenklich erschien daher die Bekämpfung der hohen Temperaturen im Innern des Simplontunnels trotz aller Vorschläge, Versuche und Erfahrungen. Jedenfalls mufste der Kostenvoranschlag um einige Millionen erhöht werden in Anbetracht der zu überwindenden Schwierigkeiten.

So war der Stand der Dinge, als im Jahre 1893 der frühere Gotthardbahn-Ingenieur Brandt, ein Hamburger, mit einem neuen Projekte hervortrat, welches in eigenartiger Weise die vorgenannten Schwierigkeiten überwindet und der Frage des Simplondurchstiches eine ganz andere, günstigere Wendung und Lösung gegeben hat.

Um das Charakteristische des Brandtschen Projektes besser übersehen zu können, ist es notwendig, einen kurzen Blick auf das seither allgemein übliche Vorgehen bei der Anlage eines Tunnels zu werfen. Zunächst wird ein Stollen in den Fels gesprengt von etwa 2 m Höhe und 3 m Breite, welchem die Ausweitungsarbeiten auf das Normalprofil des fertigen Tunnels, der bei zweigleisiger Anlage 6 m Höhe und 8 m Breite erhält, unmittelbar folgen. Der Stollen wird entweder am Boden des Tunnels als Sohlenstollen oder in der First desselben als Firststollen angelegt. Bei ersterem geschehen die Erweiterungsarbeiten durch Aufbrüche, bei letzterem durch Abteufungen nach unten; immer aber wurde nur ein Stollen vorgetrieben, denen die weiteren Arbeiten folgten. Brandt hingegen treibt zwei Stollen zu gleicher Zeit vor in einem Abstande von 17 m, den einen parallel dem andern, welche durch die nachfolgenden Erweiterungsarbeiten zu zwei eingleisigen Tunnels ausgebaut werden. Beim Vortreiben der Stollen werden in Abständen von je 200 m Querverbindungen zwischen ihnen durchgeschlagen, die nach Bedürfnis luftdicht verschlossen werden können. Um eine starke Ventilation und Lufterneuerung im Innern zu erzielen, wird in den einen Stollen kontinuierlich ein kräftiger Luftstrom hineingeblasen, der durch den letzten offenen Querschlag in den Parallelstollen übertritt und aus diesem wieder herausweht, alle schlechten Gase etc. mit sich fortführend und durch frische Luft ersetzend. Am Simplon steht der Unternehmung eine zehnmal gröfsere Wasserkraft als Betriebskraft zur Verfügung als am Gotthard. Hierzu kommt noch der weitere Vorteil, dafs infolge der Fortschritte der

Elektrotechnik durch elektrische Krafttransmission eine ökonomischere Ausbeutung der Wasserkräfte möglich ist als dort.

Hierdurch wird es ermöglicht, dafs an beiden Tunnelseiten sehr starke Ventilatoren aufgestellt werden, welche einen kontinuierlichen Luftstrom von 6 m Geschwindigkeit in der Sekunde in die Stollen hineinblasen, was einer Luftzufuhr von rund 50 cbm in der Sekunde entspricht, während am Gotthard nicht der zehnte Teil dieses Quantums an frischer Luft zur Verfügung stand und in den Tunnel gelangte.

Durch den Ventilationsstollen fahren die leeren Wagen hinaus, also immer mit der jeweiligen Luftströmung. Wird durch diese eine fortwährende Erneuerung der Luft und bei höheren Temperaturen im Innern auch eine wesentliche Abkühlung bewirkt, so hat Brandt weiter durch besondere Versuche gezeigt, dafs Luft von 40°—50° C. durch Zerstäuben von Wasser von 12° C. unter einem Drucke von 5—6 Atmosphären auf 15° C. abgekühlt werden kann. Bei noch feinerem Zerstäuben kälteren Wassers unter höherem Druck können entsprechend tiefere Lufttemperaturen erzielt werden. Nach den am Gotthard gemachten Erfahrungen sank im dortigen Tunnel die Temperatur vom Mai 1880 bis zum Juli 1885 von 30,5° auf 22,2° C., d. h. um 8,2° nur infolge der natürlichen Ventilation. Durch die starke künstliche Ventilation in Verbindung mit der weiteren Abkühlung durch fein zerstäubtes kaltes Wasser wird Brandt unzweifelhaft im stande sein, auch bei sehr hohen Gesteinstemperaturen die Hitze im Innern des Berges so weit herabzumindern, dafs die Arbeiten im Simplontunnel ohne besondere Schwierigkeiten und ohne Nachteile für den Gesundheitszustand der Arbeiter ausgeführt werden können.

Eine vom schweizerischen Bundesrate am 27. April 1894 ernannte Experten-Kommission, bestehend aus G. Colombo, Ingenieur und Professor in Mailand, F. Fox, Ingenieur in London und Erbauer des Mersey-Tunnels bei Liverpool, und Karl Johann Wagner, Inspektor der Staatsbahnen in Wien, früher Sektionsingenieur am Arlbergtunnel, hat daher auch einstimmig das Brandtsche Projekt gutgeheifsen und zur Ausführung empfohlen. Da Brandt in der etwas höheren Gesteinstemperatur im Innern des Berges keine besonderen Schwierigkeiten mehr erblickt, so wählt er eine geradlinige Tunneldurchbohrung des Simplons entsprechend Fig. 5. Nahe 2,5 km oberhalb Brieg auf dem linken Rhone-Ufer liegt der nördliche Angriffspunkt des Tunnels, welcher das Massiv des Monte Leone in der Richtung von Nordwest nach Südost durchsetzt. Der südliche Austritt liegt auf italienischem Boden am linken Ufer der Doveria.

Die beiden Tunnelöffnungen haben eine Meereshöhe von 687,1 m und 634,0 m, sodafs das südliche Tunnelportal um 53,1 m tiefer zu liegen kommt als das nördliche. Der höchste Punkt im Innern des Tunnels liegt auf 705,2 m über dem Meere. Von Nordeu steigt der Tunnel zum Wasserabflusse mit $2\,^0/_{00}$, nach Süden fällt er mit $7\,^0/_{00}$ ab. Die Bohrung geschieht auf mechanischem Wege mit der von **Brandt** als Gotthardbahn - Ingenieur erfundenen hydraulischen Rotations - Bohr-

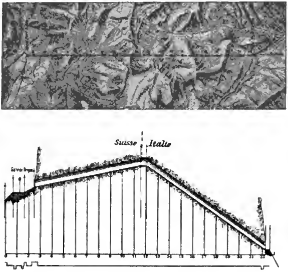


Fig. 5. **Brandts Projekt für den Simplontunnel.**

maschine, welche zuerst beim Bau des Pfaffensprungtunnels angewandt wurde und seitdem stetig von ihm verbessert worden ist.

Was die geologischen Verhältnisse anbelangt (Fig. 6), so durchfährt der Tunnel auf die Länge von 19730 m dem Alter nach von Süden nach Norden folgende Formationen:

1. Kalkglimmerschiefer und Antigoriogneifs . . . . . 6330 m
2. Kalkglimmerschiefer, Gneifs u. krystallinische Schiefer 9700 „
3. Glanzschiefer mit Gypsbänken der Rhone . . . . . 3700 „

Das älteste zu durchfahrende Gestein ist der Kalkglimmerschiefer, welchem der Antigoriogneifs überlagert ist. Den Übergang von einer Gebirgsart zur auderen bildet eine Gypsbank mit zersetztem Gneifs.

Im Zentralmassiv bilden die Gneifse die Hauptmasse, im Süden werden dieselben durch die Kalkbänke von Teggiolo und Vallé und Glimmerschiefer unterbrochen, im Norden schliefst sich der kompakten Gneifsmasse von Vallé und dem Monte Leone die ganze Reihe der krystallinischen Schiefer mit einer Bank von Cipolin der Ganter an. Die jüngste Formation wird im Norden durch die Glanzschiefer und Gypse der Rhone gebildet.

Für die mechanische Bohrung eignet sich das zu durchfahrende Gestein gut. Es läfst sich jederzeit bei den Brandtschen hydraulischen Bohrmaschinen der Druck gegen den zu durchbohrenden Felsen der Gesteinsbeschaffenheit anpassen.

Für den Tunnelfortschritt sind die Gyps- und Dolomitschichten die gefährlichsten; dieselben kommen jedoch nur in kurzer Länge vor, und da aufserdem mit einem Sohlenstollen — im Gegensatz zum Firststollenbetrieb beim Gotthardtunnel —, der einen raschen Ausbruch und Ausbau des eingleisigen Profils ermöglicht, gearbeitet wird, so sind Vorkommnisse wie am Gotthard in der Druckstrecke unter der Andermatter Ebene nicht zu befürchten.

Wasserzudrang im Tunnelinnern steht zu gewärtigen bis einige Kilometer weit vom Nord-Portale und in der Ganter-Mulde; auf der Südseite in der Cairasca-Mulde zwischen Pizzo Valgrande und Teggiolo, dem Auslauf des Vallé-Baches.

Die Gesteinstemperaturen im In-

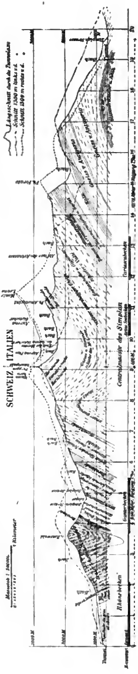


Fig. 6. Geologisches Profil durch den Simplon.

nern des Tunnels werden auf 10 km Länge die höchste Gesteinstemperatur vom Gottbard, 30,8° C., übersteigen und ein Maximum von rund 40° C. erreichen, wenn man für 44 m Tiefenzunahme 1° C. Wärmezunahme annimmt, wie am Gotthard im Zentralmassiv. Dabei wird die Wärmezunahme unter den Mulden eine etwas gröfsere, unter Gipfeln eine etwas geringere sein. Aber diese bohen Gesteinstemperaturen werden durch die sehr ergiebige Ventilation und Abkühlung durcb feinzerstäubtes kaltes Wasser soweit herabgedrückt werden, dafs man am Simplon bei viel höheren Gesteinstemperaturen weit besser wird arbeiten können, wie am Gotthard, wo zudem die ganzen Arbeiterverhältnisse sebr ungünstige in mehrfacher Hinsicht waren.

Die Bauunternehmung Brandt, Brandau u. Co. hat im Verein mit Gebrüder Sulzer in Winterthur, der Nationalbank ebendaselbst, und Locher u. Co. in Zürich gegenüber der Direktion der Jura-Simplon-Bahn durch Vertrag vom 20. September 1893 sich verpflichtet, den ersten eingleisigen Tunnel in $5^1/_2$ Jabren zu vollenden zum Preise von 54,5 Millionen Frcs. inkl. Parallelstollen. Dieser soll, wenn der Betrieb durch entsprechende Zunabme des Verkehrs es verlangt, dann ebenfalls ausgebaut werden zum zweiten eingleisigen Tunnel für den Preis von 15 Millionen Frcs. Die Bauunternehmung vollführt den Simplondurchsticb auf eigene Recbnung und Gefahr gegen Bezahlung der vertraglichen Preise. Diese entbalten alle Entscbädigungen für erschwerte Durcbfübrung der Arbeit, sei es durcb Wasserzudrang, bohe Gesteinstemperaturen, schlechtes Gebirge, oder irgend welcbe andere Ursachen mit Ausnabme von Kriegsfall, wenn Italien oder die Scbweiz dabei verwickelt sind, von Epidemien oder Generalstrikes ohne Verschulden der Unternehmung. Diese ist auch für die richtige Achsenabsteckung verantwortlich im Gegensatz zum Gottbard, wo die Ingenieure der Gesellschaft verpflichtet waren, der Bauunternehmung feste Punkte im Tunnel in Abständen von je zweihundert Metern anzugeben. Für die Durchführung der Tunnelarbeiten wurde ein bestimmtes Bauprogramm aufgestellt, nach welchem der Tunnel von 19730 m Länge in $5^1/_2$ Jahren vollendet werden mufs bei 5000 Frcs. Strafezahlung für jeden Tag Verspätung. Welchen Fortschritt das bedeutet gegenüber den Leistungen beim Bau des Mont Cenis und des Gotthard-Tunnels, zeigt folgende Zusammenstellung, in welcber die Zahlenangaben der letzten beiden Zeilen der besseren Übersicht balber abgerundet sind:

Vergleichende Übersicht.

	Mont Cenis	Gotthard	Simplon
Tunnel-Länge	12 849 m	14 998 m	19 731 m
Gröfste Höhe im Tunnel	1 295 „	1 155 „	705 „

	Mont Cenis	Gotthard	Simplon
Max.Höhe des überliegenden Gebirges .	1 655 „	1 705 „	2 135 „
Höchste Gesteinstemperatur	29,5°	30,8°	40°
Arbeitsleistung pro Jahr . . . . . rot.	1 km	2 km	4 km
Kosten pro Kilometer . . . . rot.	6 Mill. Frcs.	4 Mill. Frcs.	3 Mill. Frcs.

Die ganzen Tunnellängen sind hiernach in runden Zahlen 13, 15 und 20 km. Während aber am Mont Cenis alle Lasten über eine Höhe von rund 1300 m, am Gotthard von 1155 m befördert werden müssen, beträgt die Scheitelhöhe im Simplontunnel nur 705, weshalb sich auch die virtuelle Länge für die Linie Paris-Mailand via Simplon wesentlich kürzer stellt als wie über den Mont Cenis und den Gotthard. Der tieferen Lage des Simplontunnels entsprechend, wird die Gesteinstemperatur etwa 10 ° höher in seinem Innern steigen, als es bei den beiden anderen grofsen Alpendurchstichen der Fall war. Durch das neue Brandtsche Tunnelbausystem wird aber auch dieses Hindernis, wie wir ausführlicher dargelegt haben, überwunden und beseitigt werden. Welchen Fortschritt dasselbe gegenüber früheren Leistungen bezeichnet, geht sehr deutlich aus den Zahlen der beiden letzten Reihen hervor. Während man am Mont Cenis nur 1 km, am Gotthard 2 km pro Jahr fertigen Tunnel herzustellen imstande war, hat sich Brandt kontraktmäfsig verpflichtet, nahezu 4 km pro Jahr zu bohren und auszubauen, und zwar zu wesentlich geringeren Preisen. Der Simplontunnel würde hiernach vor drei Jahrzehnten unter den damaligen Verhältnissen, unter denen der Mont Cenis-Tunnel gebaut wurde, die vierfache Zeit beansprucht und doppelt soviel gekostet haben. Berücksichtigt man aber den Zinsverlust während der langen Bauzeit, so wird mit der Zeitdauer auch der Preis nahezu auf den vierten Teil gegenüber dem Mont Cenis-Tunnel reduziert.

Aber nicht nur in technischer Beziehung zeigt der Simplondurchstich rasche Fortschritte der Leistungen, auch in humanitärer Hinsicht werden die Verhältnisse dort ganz anders für die Arbeiter liegen, als am Gotthard. Es ist bekannt, dafs Favre beim Bau des Gotthardtunnels sein ganzes, mühsam durch eigene Kraft nnd Tüchtigkeit erworbenes Vermögen einbüfste. Auch die Gotthardbahn-Gesellschaft stand zeitweise vor dem vollständigen Ruin, der unausbleiblich gewesen wäre, wenn nicht schliefslich nach langen vergeblichen Bemühungen das Schweizerische Volk sich in letzter Stunde noch zu einer Nachsubvention entschlossen hätte. Bei so bedrängter Lage, sowohl der Unternehmung wie auch der Gesellschaft, geschah in sanitärer Hinsicht für die vielen Tausende der Tunnelarbeiter geradezu nichts. Sie waren sich selbst überlassen und wurden die

Beute habgieriger Spekulanten. Der italienische Arbeiter ist nüchtern, anspruchslos und sparsam, letzteres in sehr hohem Mafse. Nimmt man hierzu den geringen Grad seines Reinlichkeitsbedürfnisses, so kann man sich vielleicht einen ungefähren Begriff machen, wie und warum solche Verhältnisse am Gotthardtunnel entstehen konnten. Die Arbeiter kamen erhitzt und durchnäfst aus dem Innern des heifsen Tunnels und mufsten im Winter durch den eisigen Wind schlecht bekleidet zu ihren oft mehrere Kilometer entfernten Quartieren wandern. Dies waren vielfach Holzbaracken für Massenquartiere, mit sogenannten Betten, bestehend aus Matratze und schmieriger Decke, in welche sich die Arbeiter für 25 Cts. pro Kopf 8 Stunden hineinlegen konnten. Nach 8 Stunden kam eine andere Einquartierung, wieder für 25 Cts. pro Kopf, und so fort, so dafs diese Lagerstätten, von deren Aussehen man sich keine Vorstellung machen kann, nicht kalt wurden.

Ähnlich stand es mit den Lebensmitteln und der Reinlichkeit im Tunnel. An den eingeführten Fässern mit Trinkwasser leckten an den Zapfen die Maultiere und tranken an denselben Stellen die Arbeiter, infolgedessen viele derselben von einer eigentümlichen Krankheit befallen wurden, welche darin bestand, dafs sich unzählige dünne und etwa 1 cm lange Würmer in ihrem Magen und Eingeweiden ansiedelten, welche schwere Fälle von Anämie erzeugten. Dafs unter solchen Verhältnissen nicht nur die Arbeiter, sondern auch die Ingenieure zu leiden hatten, liegt nahe, wenn letztere auch in mancher Beziehung naturgemäfs besser gestellt waren wie jene.

Das alles wird am Simplontunnel ganz anders werden.

Vor den Tunnelmündungen, möglichst nahe denselben, werden für die Bauzeit Stationsgebäude erstellt, welche grofse Baderäume, Garderoben, Wäscherei, Trocknerei, Restauration etc. enthalten. Jeder Arbeiter erhält von der Unternehmung besondere Arbeitskleider, welche aufser Gebrauch im Stationsgebäude aufbewahrt bleiben. Die in den Tunnel einfahrenden Arbeiter wechseln vor dem Besteigen des für sie bestimmten Zuges ihre Kleider: in der geräumigen Halle empfangen sie ihre Arbeitskleider und geben dafür ihre eigenen zur Aufbewahrung bis zur Ausfahrt ab. Nach Schlufs der Schicht, wenn sie erhitzt und viele durchnäfst ausgefahren werden, begeben sie sich nach Ankunft im Bahnhof in den für circa 100 Personen eingerichteten Bade- und Doucheraum, bekleiden sich mit den zurückempfangenen eigenen Kleidern und liefern die durchnäfsten und beschmutzten Arbeitskleider wieder in der Garderobe ab. Nach Reinigung und Trocknung werden diese Kleider bis zur folgenden Einfahrt derselben Arbeiterschichten

aufbewahrt. Die Bahnhofshalle, sowie die Einfahrtgeleise bis zum Tunnel sind gedeckt und seitlich geschlossen, um die aus dem Tunnel ausfahrenden Arbeiter vor kaltem Luftzuge zu schützen. Das Trinkwasser wird der Rohr- und Kühlwasser-Leitung, welche filtriertes Wasser enthalten, entnommen und, soweit nötig, den Arbeitergruppen in grofsen Wasserflaschen zugetragen. Im Innern des Tunnels werden, soweit die Arbeiterstrecken reichen, bei den Querstollen Aborte mit Erdklosets aufgestellt, welch' letztere so oft als nötig ausgewechselt werden. Jeder Abort wird von einem besonderen Manne in Ordnung gehalten. Dieser Mann, mit einem oder zwei Gehülfen, ist gleichzeitig für die richtige Bedienung der Wetterthüren, der Weichen und den Trinkwasserdienst verantwortlich.

Die Unternehmung richtet für kranke Arbeiter, für die Witwen und Waisen verunglückter Arbeiter eine Unterstützungskasse ein. Alle Arbeiter stehen unter ständiger ärztlicher Kontrole. Für gesunde Wohnungen und gute Lebensmittel wird seitens der Unternehmung gesorgt, und kein Unterakkordant darf eine Wirtschaft führen.

In solcher Weise wird in jeder Hinsicht für das sanitäre Wohl der Arbeiter am Simplon-Tunnel gesorgt werden. Die Seele der ganzen Unternehmung ist der Ingenieur Brandt. Wünschen wir unserm Landsmanne einen glücklichen Erfolg seines mit seltener Energie und Thatkraft ins Leben gerufenen grofsartigen Unternehmens, dessen Inangriffnahme und Ausführung nach der vor kurzem in Bern zwischen den Vertretern Italiens und der Schweiz erzielten vollkommenen Einigung nahe bevorsteht.

(Fortsetzung folgt.)

Eine Katastrophe in Norwegen vor 550 Jahren.

Von Dr. K. Kellhack in Berlin.

Der Reisende, der Norwegen besucht und mit dem Dampfboote an der Schären- und Fjordreichen Westküste entlang fährt, wird gar bald aufmerksam werden auf eigentümliche, horizontale Linien, welche in Höhen bis zu hundert Metern über dem Meeresspiegel die jäh in das Meer abstürzenden Felswände umsäumen. Dieselben verlaufen zu zweien und dreien parallel und machen, vom Schiffe aus gesehen, den Eindruck von künstlich in den Felsen hineingearbeiteten Strafsen. Es sind alte Strandlinien, die uns Kunde davon geben, dafs in einer vergangenen Zeit das Meer ein anderes Niveau einnahm als heutzutage, und die fortlaufenden Linien selbst sind entstanden durch Einwirkung der Brandungswellen auf das feste Gestein, in welchem sie flache Höhlen auswuschen und mit ihrem Strandgeröll bearbeiteten, während zugleich die Algenvegetation an der feineren Ausmodelliorung dieser Küsten thätig war. Wo zwischen den Bergen ein Thal sich öffnet, sieht man, dafs diese Strandlinien an der Oberkante einer Terrasse endigen, die sich dann weit hinein in die fjordartigen Thäler verfolgen läfst. Die Zeit, in welcher diese Strandlinien und Thalterrassen sich bildeten, fällt zusammen mit dem Ende der Eiszeit. Damals lag die gesamto westnorwegische Küsto um den Betrag der Höhe dieser Strandlinien und Terrassen tiefer als heute, die Fjorde reichten viel tiefer in das Land hinein, und von den in viel bedeutenderem Umfange wie heute vergletscherten Gebirgen flossen mächtige Gletscherströme hernieder, die mit ungeheuren Massen von ausgewaschenem, schlammigen Moränenmaterial beladen waren und in dem salzigen Wasser der Fjorde schnell diese Thonmassen niederfallen liefsen. So wurden die inneren Teile derselben allmählich ausgefüllt, und nachdem diese Thonlager bis zum Wasserspiegel emporgewachsen waren, wurden von denselben Strömen gröbere Sande und

Kieee als oberflächliche Decke darüber auegebreitet. Nun folgte eine allmähliche durch verschiedene längere Pausen unterbrochene Senkung der Küstenlinie resp. Hebung des Landes, während welcher die Flüsse infolge vermehrten Gefälles sich in ihre eigenen Aufschüttungen immer tiefer werdende Betten eingruben. Den einzelnen Pausen der Hebung aber entsprechen tiefer gelegene Strandlinien an der Küste, tiefer gelegene Terrassen in den Thälern.

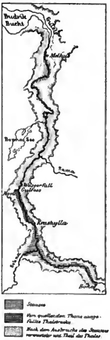
Zu jener Zeit besafs das norwegische Meer nicht den Charakter, den wir heute an ihm kennen; denn während es jetzt unter dem erwärmenden Einflusse des Golfstromes eine Temperatur besitzt, die den Lebewesen der gemäfsigten Zone die Daseinsbedingungen gewährt, hatte es zu jener Zeit den ausgesprochenen Charakter eines arktischen Eismeeres. In seinen eisigen Wassern tummelten sich Millionen jener kleinen als „Lodden" bezeichneten Lachse, die noch heute im Grönländischen Meere in ungeheuren Mengen gefunden werden. Der Grönländische Seehund, das Walrofs und der Walfisch fanden in ihm reichlich Nahrung, und auf seinem Grunde herrschte ein Tierleben, welches vollkommen mit dem übereinstimmt, welches heute in den Meeren nördlich des asiatischen Kontinents gefunden wird. Hier lebte die zierliche Astarte borealis, die dünnschalige Yoldia arctica, welche jetzt kaum noch in einem Wasser sich findet, dessen Temperatur mehr als 2—3° über dem Gefrierpunkte liegt. Auf Stein aufgewachsen fand sich in grofsen Mengen der riesige Balanus Hameri und mit ihm zusammen eine ganze Reihe von anderen Mollusken, Seeigeln, Schlangensternen und seltsam geformten kleinen Krebsen, die wir heute alle nur als Bewohner der eisigsten Meere unserer Erde kennen. In jenen Eismeerthonen finden sich zahlreiche, eigentümlich regelmäfsig geformte Kalkkonkretionen, sogenannte Imatrasteine, die in ihrem Inneren fast immer einen organischen Rest, das Skelett eines Fisches oder den Abdruck einer Muschel enthalten und uns eine genaue Kenntnis vom Charakter der Tierwelt jener Zeit überliefert haben. — Die Hebung des Landes ging Hand in Hand mit einem Milderwerden des Klimas, die Eismeerfauna verschwand langsam, und in den niederen, jüngeren Terrassen finden sich allmählich Übergänge zu derjenigen Fauna, die noch heute an den Küsten Norwegens lebt.

Der innere Teil der ehemaligen Fjorde war zu Land geworden, in engen, tiefen Thälern hatten die Flüsse sich in die alten Thone eingegraben, und die der Zerstörung entgangenen Reste derselben umsäumen heute als steil ansteigende Terrassen mit ebenen Oberflächen die Flanken einer grofsen Zahl der Thäler, die von der Küste in das

Innere des Landes sich hineinziehen. Durch die Eingrabung der Flüsse aber war das stabile Gleichgewicht, in welchem die Sedimente bei der Ablagerung sich befanden, vernichtet und in ein labiles verwandelt worden, und es bedurfte nur geringer Veranlassung, um diese verhältnismäfsig leicht beweglichen Thonmassen, deren unterer Teil unter dem mächtigen Druck der überlagernden Massen stand, zum seitlichen Ausgleiten zu bringen. Wenn ein solches Ereignis infolge starker Durchtränkung des Thones mit Wasser eintrat, so bewegte sich aus der einen oder aus beiden Thalflanken heraus eine breiige Schlammmasse nach der Mitte des Thales zu und flofs in demselben langsam aber stetig thalabwärts, in ihrem Laufe alles Leben und alle etwa schon vorhandenen Spuren menschlicher Kultur zerstörend und unter sich begrabend. Gleichzeitig wurde dem Flusse sein Lauf versperrt, und er wurde hinter der Stelle des Thonausbruches aufgestaut, sodafs langgestreckte, schmale Stauseen sich bildeten. Wenn dieselben so weit aufgefüllt waren, dafs ihre Oberkante die Höhe des Stauwehres erreichte, so fanden sie einen Abflufs, aber oftmals wirkte auch der mächtige Druck des Wassers auf die Thonmassen als Ganzes und erzeugte in solchem Falle eine zweite, der ersten meist nach ganz kurzem Zwischenraume folgende, noch viel verheerendere Katastrophe. In diesem Falle nämlich mischten sich die gesamten Ausbruchsthonmassen mit den Wassermengen des Stausees, und beide zusammen schossen dann als wilder, verheerender Schlammstrom über den Thalboden hin und führten das Verderben mit sich thalabwärts bis zur Mündung des Flusses in den Fjord. Eine der verheerendsten dieser Katastrophen ereignete sich im September des Jahres 1345 in dem malerischen Thale des Gula-Elf, südlich von Drontheim.

Im südöstlichen Island liegt eine kleine Ansiedlung Skálholt, welche im frühen Mittelalter ein berühmter Bischofssitz war und eine stattliche Kirche besafs. Es ist bekannt, dafs wir dem schriftstellerischen Fleifse der alten Bewohner Islands eine Fülle von historischen Kenntnissen über die alte Geschichte Norwegens zu verdanken haben. An zahlreichen Orten der weltentlegenen Insel schrieben die alten ausgewanderten Norweger die Sagen und die Geschichten ihrer Heimat nieder und bewahrten die Erinnerung an politische und Naturereignisse, durch welche sie aus dem Lande vertrieben waren, der Nachwelt auf. Unter den zahlreichen „Sagas“, Chroniken und Annalen Islands, sind auch diejenigen des alten Bischofssitzes Skálholt von hohem Interesse. Hier wurde im Jahre 1348, also nur 3 Jahre nach jener Katastrophe, unzweifelhaft von einem Augenzeugen in dem eigentümlich kurzen

und knappen Stile, der diese alten Annalenschreiber auszeichnet, eine Schilderung jenes furchtbaren Naturereignisses zu Papier oder, wie man hier wohl sagen mufs, zu Pergament gebracht: „Im Gulthal bei Drontheim geschah es, dafs der Flufs Gula einige Tage fortblieb, aber darauf geschah dort ein Ausbruch, der war so grofs, dafs er das Thal querüber erfüllte und den Flufs Gula aufdämmte, sodafs eine Menge Menschen ertranken. Und die Höfe wurden überschwemmt, sodafs sie alle unter Wasser standen und alles Vieh ertrank. Dann brach der Damm und alles lief hinunter, zusammen mit dem Flusse. Da gingen dort manche Höfe und viel Vieh mit; es wurden verwüstet zusammen 48 Höfe, von denen einige Hauptböfe waren und etliche Kirchen. Man rechnet, dafs fast dritthalbhundert Menschen dabei ihr Leben liefsen, Bauern mit ihren Weibern und Kindern, einige Priester und viele Mönche, ein ganz Teil wohlansehnlich Volk und viel Arbeitsvolk, und man nimmt an, dafs die fahrenden Leute und das arme Volk, welches dazukam, nicht weniger war, als die aufgeführten. Das geschah am Kreuzmessentage im Herbste. Man fand einige Leichen, aber sehr wenige wurden geborgen am Leibe, denn die Erde und das Wasser begruben alles zusammen, Menschen und Vieh. Dort waren noch später Sandstrecken und Ödland, aber vorher war dort Wasser und Schlamm, sodafs die Menschen nicht zum Vorschein kommen konnten."



So weit der alte isländische Bericht. In unseren Tagen haben zwei norwegische Gelehrte A. Helland und H. Steen es unternommen, diese gewaltige Katastrophe in ihren Ursachen und Wirkungen näher zu untersuchen, und haben über die Ergebnisse ihrer Arbeiten einen schönen Bericht geliefert, der unter dem Titel „Lerfaldet i Guldalen i 1345" in diesem Jahre erschienen ist und durch eine prächtige beigegebene Karte im Mafsstabe 1 : 100000, von der wir eine Verkleinerung auf den dritten Teil dieses Mafsstabes geben, aufs prächtigste erläutert wird. Nach den Untersuchungen dieser Männer lag die Ursprungsstelle des Unglücks etwa 50 km oberhalb der Mündung des Gulelfs in der Meerbucht von Budvik, bei den heutigen Höfen

Kvashylla und Hagga. Hier setzten sich ungeheure Thonmassen in Bewegung, deren Menge schätzungsweise 500 Millionen kbm beziffert wird, und flossen als zäher Schlammstrom 5 km weit thalabwärts auf dem Thalboden, dessen Gefälle nicht mehr als 1:6—700 beträgt. Auf ihrem Wege drangen sie bis nahe an den vielbesuchten Wasserfall Gulfofs heran, welcher sich über eine von kristallinischem Urgebirge gebildete Thalschwelle hinabstürzt. Die Ausfüllung dieser Thalstrecke hemmte die Gula in ihrem Laufe und staute dieselbe so auf, dafs ein 12 km langer See im Thale gebildet wurde, der thalaufwärts bis zum heutigen Hofe Bones reichte. Dieser See hatte eine Breite von durchschnittlich 800—1000 m, verbreiterte sich aber an der Stelle, wo das Thal des Soknaflusses bei der Kirche Stören einmündet auf 3 km und besafs in seinem nördlichsten Teil eine Wassertiefe von 34 m. Die Gesamtwassermasse dieses Stausees liefs sich auf etwa 150 Millionen kbm berechnen. Die Verfasser haben den Versuch gemacht, zu ermitteln, welche Zeit erforderlich war, diesen See zu bilden; sie haben die Wassermenge des Septemberhochwassers zu Grunde gelegt und sind durch die Wassermassen, welche Gula und Sokna heute in dieser Zeit führen, zu dem Schlusse gelangt, dafs die Bildung des Stausees sich in der unglaublich kurzen Zeit von 36—72 Stunden vollzogen haben mufs. Diese rapide Geschwindigkeit der Seebildung erklärt es leicht, dafs so viele Menschen und Tiere bei der Katastrophe zu Grunde gingen, und diese Zahlen stimmen gut mit der Angabe der Isländischen Annalen überein, dafs das Bett des Flusses unterhalb „einige" Tage leer blieb. Als das Wasser, sagen wir nach drei Tagen, seine höchste Höhe erreicht hatte, konnten die vorliegenden Thonmassen seinem Drucke nicht mehr widerstehen, sie gaben nach, und da sie selbst noch in zäh-flüssigem Zustande sich befanden, so vermischten sie sich aufs innigste mit den enormen Wassermassen des Stausees, der nun als gewaltiger, das Thal hochauffüllender Schlammstrom seinen Weg zum Meere nahm, alles Leben, alle Kultur vernichtend und unter sich begrabend. Als die Wasser sich verlaufen hatten, lag die ehemals blühende Thalstrecke als wüster, trostloser Schlammgrund da. Aber wie überall, so heilte auch hier die Natur allmählich die Wunden wieder, die sie selbst geschlagen hatte; neues Pflanzenleben entsprofs dem Grunde, das Thal wurde wieder besiedelt, neue Höfe entstanden, und in unseren Tagen weifs nur die mündliche Ueberlieferung unter den Bewohnern noch von jener grauenhaften Katastrophe zu berichten, und von den tausenden von Touristen, die alljährlich das schöne Thal durchziehen und den prächtigen Wasserfall besuchen, ahnt kaum einer,

welch erschütterndes Ereignis vor nun gerade 550 Jahren hier sich abspielte. Infolge der fast völligen Verwischung der Spuren jenes Unglücks mufsten Helland und Steen ganz besondere Methoden anwenden, um für die kartographische Darstellung des Ereignisses eine Unterlage zu gewinnen. Norwegen ist reich an Denkmälern der Vorzeit, zahllose Grabhügel der Heidenzeit liegen an den Flanken der Thäler, und die niedrigsten derselben müssen oberhalb des von dem Schlammstrome überfluteten Gebietes gelegen haben, da sie anderenfalls von demselben völlig zerstört worden wären. So konnten durch die genaue Beobachtung der Lage dieser Grabhügel ungefähr die Grenzen festgestellt werden, bis zu welchen der Thalboden überflutet wurde, und diese Beobachtungen sind es hauptsächlich, welche neben dem Studium der allgemeinen topographischen Verhältnisse die Grundlage für die Kartendarstellung geliefert haben.

Auch auf die Geschichte des Wasserfalles Gulfofs haben diese Untersuchungen ein interessantes Streiflicht geworfen. Derselbe existierte bereits in prähistorischer Zeit; in eben dieser Zeit mufs aber einmal eine der hier beschriebenen ähnliche Katastrophe sich ereignet haben. Durch diese wurde die Thalenge, in welcher der Gulfofs liegt, vollständig ausgefüllt, und als der Flufs wieder durchbrach, wählte er sich ein anderes Bett, denn zur Zeit der Katastrophe von 1345 existierte der Wasserfall an seiner heutigen Stelle nicht. Als aber nach dieser zweiten Katastrophe die Wasser des Flusses von neuem durchbrachen, fanden sie ihr altes Bett wieder und blieben in demselben bis auf den heutigen Tag.

Mittheilungen

Wärmewechsel beim Jahreswechsel. — Schon vielfach hat man versucht, ein Abhängigkeitsverhältnis des Witterungscharakters von der Aufeinanderfolge der Jahreszeiten aufzufinden, wodurch es ermöglicht werden könnte, den allgemeinen Witterungscharakter einer bestimmten Jahreszeit aus demjenigen der vorhergehenden mit einiger praktisch verwendbaren Zuverlässigkeit im voraus zu bestimmen. Leider führten alle diese Versuche nicht zu einem befriedigenden Resultate. Zwar wurden einige Wahrscheinlichkeiten der Aufeinanderfolge der Witterungscharaktere nach dem Übergang der einen Jahreszeit in die andere aufgefunden, indessen waren diese viel zu gering, um dieselbe für das praktische Leben verwerten zu können.

Eine hierauf hinzielende Untersuchung ist in neuerer Zeit in „Symons Monthly Meteorological Magazin“ veröffentlicht worden, deren Ergebnisse manches Interessante bieten. Es handelte sich hier um die Frage: in welchem Verhältnisse stehen die Wärmeverhältnisse vor Neujahr zu denen nach demselben? oder, wenn wir vor Anfang des Jahres kalte oder warme Witterung haben, werden wir dann in den ersten Monaten des neuen Jahres kaltes oder mildes Wetter zu erwarten haben? Zur Beantwortung dieser Frage wurden die 53-jährigen Beobachtungen von Greenwich benutzt, und je nach der Anzahl der Frosttage der Charakter des Winters bestimmt. Dabei wurde der Winter nach zwei Quartalen geschieden und zwar in die Monate Oktober bis Dezember (4. Quartal) und Januar bis März (1. Quartal).

Auf das 4. Quartal kommen durchschnittlich 18 (Maximum 38, Minimum 2), andererseits auf das 1. Quartal 37 (Maximum 67, Minimum 13) Frosttage, so dass also das erste Quartal doppelt so viele Frosttage enthält als das vierte. Bezeichnen wir der Einfachheit wegen die Fälle mit Frosttagen über dem Durchschnitt mit dem Vorzeichen +, die unter dem Durchschnitt mit dem Vorzeichen — und die dem

Durchschnitt entsprechenden mit ±, so ergiebt sich für diese 53 Winter folgendes Resultat:

Es waren im 4. Quartal	+ 24;	hierauf folgten im 1. Quartal	+ 16,	— 7,	± 1
„ „ „ 4. „	— 26;	„ „ „ 1. „	— 19,	+ 6,	+ 1
„ „ „ 4. „	+ 3;	„ „ „ 1. „	+ 2,	— 1,	± 0

Hiernach entspricht ein kaltes letztes Vierteljahr einem ebenfalls kalten ersten Vierteljahr, und ebenso einem frostarmen letzten Vierteljahr ein ebenso frostarmes erstes Vierteljahr, so dafs sich also der Wettercharakter beim Übergange aus dem alten ins neue Jahr im allgemeinen wenig ändert.

Werden die Häufigkeitszahlen der Frosttage in den letzten Vierteljahren nach Schwellenwerten gruppiert und mit demselben Schwellenwerte der folgenden ersten Vierteljahre verglichen, so ergiebt sich folgende interessante Zusammenstellung:

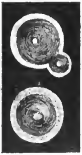
	IV. Quartal.		I. Quartal.
Zahl der Frosttage	bis 12	13 Fälle,	es folgten Fälle mit den Mittelzahlen 33,3
„ „ „	über 12 bis 20 .	20 „	36,4
„ „ „	über 20	20 „	40,5

Aus der Untersuchung ergiebt sich also das interessante Resultat, dafs es wahrscheinlich ist, dafs die Wärmeverhältnisse, wie sie vor dem Jahreswechsel obwalteten, auch in den ersten Monaten des neuen Jahres denselben Charakter bewahren werden. Diese Beziehung hat sich allerdings in dem Winter 1894/95 nicht bewahrheitet, indem der Vorwinter mild und der Nachwinter aufserordentlich streng war. Wie sich die Verhältnisse im Winter 1895/96 gestalten werden, bleibt abzuwarten. J. v. B.

Verschiedene Formen von Hagelkörnern. Es ist in dieser Zeitschrift oft von dem so schwer zu erklärenden Phänomen, das als Hagelschlag auftritt, sowie von den verschiedenen Theorieen, die die wissenschaftliche Forschung zur Deutung der Entstehung des Hagels aufgestellt hat, die Rede gewesen (siehe Himmel u. Erde Bd. VII, 3.) Die Grundlage für solche Erörterungen mufs natürlich die genaue Kenntnis der Konstitution und der Formen, in denen diese Körner vorkommen, bilden. Wir wollen heute einiges darüber erzählen, wozu die jüngst gemachte Beobachtung einer bisher wohl noch unbekannten Form solcher Körperchen in Frankreich besonderen Anlafs bietet.

Wir schliefsen zunächst von unserer Betrachtung die Graupeln aus, die sich vom richtigen Hagel spezifisch unterscheiden. Die Graupeln, deren Konsistenz, deren Härte weit geringer als die der

Hagelkörner ist, sind nämlich aus körnig zusammengehallten Eisnadelchen zusammengesetzt, während Hagel aus dichtem, meist durchsichtigem Eise hesteht. Wie weit dieser Unterschied in der Entstehungsweise heider Arten seine innere Begründung finden kann, wie weit ein Übergang heider Arten in einander möglich ist, soll hier nicht näher untersucht werden. Es möge genügen, den typischen Unterschied auseinandergesetzt zu hahen. Man unterscheidet nun noch zwischen gewöhnlichen Hagelkörnern und Schlossen, ohne dafs man aber im allgemeinen hier eine innere Verschiedenheit zwischen heiden annimmt. Man sieht diese vielmehr nur in der Gröfse; sehr grofse Hagelkörner nennt man Schlossen — eine feste Grenze existiert aher bisher noch nicht.


Fig. 1.

Die Leser wissen, dafs in unsern Gegenden die Hagelkörner meist nur wenige Millimeter Durchmesser haben, dafs sie aber zuweilen wohl selbst die Gröfse eines Taubeneies überschreiten. Sollen doch am 7. Mai 1822 zu Bonn Hagelkörner gefallen sein, die weit über $^1/_4$ kg wogen. Ein Hagelstück, das im vorigen Jahr in Mézières ein Fenster zertrümmerte, wog $1^1/_5$ kg. In den wärmeren Gegenden aber sind solche Fälle gar nicht selten. So erzählt Darwin von einem Hagelsturme in den Pampas in Südamerika, hei dem Körner in der Gröfse von Äpfeln fielen, wodurch grofse Tiere, z. B. Hirsche getötet wurden. In der Nähe von Tiflis sind einmal Schlossen von 70 mm Durchmessor gefallen. Man kann sich vorstellen, dafs so grofse Körper von der Festigkeit des Eises aufserordentliche Verheerungen anrichten können, wenn man sich erinnert, dafs schon die kleinen Körner in unseren Gegenden oft eine blühende Landschaft in eine Wüste umwandeln.

Die Form der Hagelkörner ist aufserordentlich mannigfaltig; einmal sind sie ellipsoidisch, ein ander Mal an einer Seite abgeplattet, hin und wieder kugelförmig. Ist ihre Aufsenseite manchmal glatt, so ist sie auch oft rauh mit warzenförmigen Erhebungen. Meist bildet ein weifser undurchsichtiger Kern die Mitte, wie in Fig. 1 ersichtlich ist, die den Durchschnitt von Körnern darstellt, welche am 9. Septemher 1846 in Utrecht gefallen und von Harting untersucht sind. Dieser Kern erschien unter der Lupe aus kleinen Eiskrystallen und eingeschlossenen Luftbläschen zusammengesetzt. Der Kern wird umschlossen von einer dichteren, aber durchsichtigen, glasigen Eisschicht,

die bei näherer Untersuchung sich meist als aus einer gröfseren Zahl von Lagen bestehend erweist. Doch ist diese Schichtenbildung im allgemeinen nicht sehr vollkommen ausgebildet, die einzelnen Lagen sind also vielfach nicht in sich geschlossen, wie man es in der Figur erkennen kann. Dieser Hauptteil des Korns war wieder von einer undurchsichtigen Masse umgeben, deren Zusammensetzung der des Kerns entsprach. Manche Hagelkörner enthielten mehrere Kerne, so z. B. das eine in unserer Figur 1 abgebildete deren zwei.

Wunderbare Struktur zeigen zuweilen grofse Schlossen, wie wir in Fig. 2 und 3 sehen. Fig. 2 stellt in $^1/_2$ der natürlichen

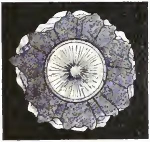


Fig. 2.



Fig. 3.

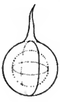
Gröfse den Durchschnitt einer Schlosse dar, die am 4. Juli 1819 zu La Braconnière im Departement Mayenne beobachtet ist; die dunkel schattierten Teile zeigen wieder Form und Ausdehnung des klaren, durchsichtigen Eises. Besonders auffallend ist die strahlige Struktur des undurchsichtigen Kerns. Eine gewisse Ähnlichkeit zeigt sich nach dieser Richtung bei einem Hagelstein, der am 9. Juni 1869 in Tiflis niedergegangen ist (siehe Fig. 3, natürliche Gröfse). Der Durchmesser des sphäroidisch geformten Kerns betrug fast 30 mm. An ihn setzten sich, und zwar besonders in der Gegend des gröfsten Kreises des Sphäroids, Krystalle von klarem durchsichtigem Eis an, in denen das rhomboëdrische System in mannigfaltigen Variationen in Erscheinung trat.

Der Grund für die Undurchsichtigkeit einzelner Teile der Hagelkörner ist vor allem in der Durchsetzung derselben mit Luftbläschen zu suchen.

Nach einer Mitteilung von Prof. Cleveland Abbe im „Monthley Weather Review“ trat bei einem Tornado im östlichen Oregon-Gebiet

am 3. Juni 1894 ein Hagelfall ein, bei dem glatte Eistafeln von über 20 qcm Oberfläche und 15 bis gegen 40 mm Dicke fielen. Es sah so aus, als wenn ein in der Luft hängendes Eisfeld plötzlich in Trümmer ginge.

Eine sehr eigentümliche Form von Hagelkörnern hat nun jüngst Herr G. de Rocquigny-Adanson in Moulins (Allier, Frankreich) beobachtet. Derselbe berichtet in der belgischen Zeitschrift „Ciel et Terre" darüber folgendes. Am 8. Februar d. J. um 3 Uhr 55 Minuten Nachmittags trat bei 5° Kälte ein kleiner Hagelschauer mit Regen vermischt ein. Der Himmel war grau und ganz bedeckt. Der Wind wehte aus Süd-Süd-Ost. Die Körner hatten die Form von hohlen, leuchtenden, durchsichtigen Eiskugeln, welche man, wie er sagt, „von der Brechung abgesehen, leicht für schimmernde Brillantperlen hätte halten können." Der äufsere Durchmesser dieser Perlen betrug im Mittel 3 $^1/_2$ mm, der Durchmesser des inneren Hohlraumes etwa 2 $^1/_2$ mm. Die hohlkugelförmige Eisschicht selbst war demnach etwa $^1/_2$ mm stark.



$\frac{5}{1}$

Fig. 4.

Besonders auffallend war aber ein Fortsatz von etwa 2 mm Länge, der sich bei fast allen Körnern vorfand. Wie man aus Fig. 4 ersieht, hat dieser Fortsatz eine sehr eigentümliche Form, die an die der Bologneser Thräne (larme batavique) erinnert. St.

Bibliographisches

Sigm. Günther: Erd- und Himmelsgloben, ihre Geschichte und Konstruktion. Leipzig. B. G. Teubner. 1895.

Das vorliegende Werk ist eine freie Bearbeitung der Fiorinischen Abhandlung „Le sfere cosmografiche e specialmente le sfere terrestri." Während die letztere sich mehr auf die Erdgloben beschränkt, hat der Herr Bearbeiter auch die Geschichte der Himmelsgloben in den Vordergrund treten lassen, und hat überhaupt das Material des Buches in ansehnlicher Weise ver-

mehrt. Das Werk giebt in seinen ersten sechs Kapiteln eine Übersicht über die Versuche des Altertums und des Mittelalters in der Darstellung der Oberflächen der Erde und des Himmels durch Globen und hebt die merkwürdigsten, aus diesen Zeiten noch auf uns gekommenen Globen hervor. Mit der Erfindung der Buchdruckerkunst verschwanden mehr und mehr die mit der Hand gezeichneten Globen, es trat vermöge der Vervielfältigung der Globen die Forderung auf, für viele Exemplare die Globushaut möglichst gleichmäfsig herzustellen. Man zerlegte das auf den Globus zu übertragende Bild in Streifen, und zwar, wahrscheinlich durch Albrecht Dürers Schriften hiezu angeregt, in solche von der Form des bekannten „Kugelnetzes". Das 8. und 9. Kapitel unseres Buches nennt die Erdkugeln des Martin Waldseemüller (um 1507 n. Chr.) als die ersten von derartigen „Segmentglobèn", späterhin die Globen von Gemma Frisius, Mercator, de Moutgenet u. s. w., als Globenverfertiger des 17. Jahrhunderts die Namen Blaeu, Bartsch, Coronelli, Weigel. Die nach Dürer und Glarean hergestellten, von Kreisen begrenzten Segmentstreifen decken eine Kugeloberfläche nicht vollständig und wurden durch das Verfahren des Kartographen Antonio Floriani (Mitte des 16. Jahrhunderts) verdrängt. Floriani zerlegte die Globusoberfläche in 36 Halbsegmente der nördlichen und südlichen Kugelhälfte, was im folgenden Jahrhundert, als der strengeren geometrischen Betrachtung noch nicht genügend, durch die Methoden von Bion, Faujas, de Parcieux verbessert wurde. Im 18. Jahrhundert haben sich mit der Frage, welche Begrenzung der Streifen für die exakte Wiedergabe der Kugelfläche bei der Herstellung der Globen zu wählen sei, die Mathematiker Lowitz, Kästner und Tobias Mayer beschäftigt. Kapitel 15 ist den Leistungen des 18. Jahrhunderts auf dem Gebiete der Globentechnik gewidmet; wir erfahren, dafs in Deutschland namentlich seit Johann Baptist Homann die Kunst der Globenverfertigung ihren Aufschwung nahm; in England waren Adams, in Frankreich Robert de Vaugondy, Desnos, Fortin bekannte Globentechniker. Das letzte Kapitel betrifft die bisherigen Versuche, die Oberflächengestaltung unseres Mondes durch einen Globus wiederzugeben. Abgesehen von dem Mondglobus De la Hires, welcher der Nachwelt verloren gegangen, sind hier nur die Mondgloben von Russel und Riedl zu nennen, daneben die Reliefgloben von Dickert und Wilhelmine Witte. Zu diesen möchten wir auch noch den schönen Mondglobus und den Marsglobus hinzufügen, welche beide im Besitze der „Urania" in Berlin sich befinden, was dem Verfasser unbekannt geblieben ist. — Dafs das Günthersche Werk in der Detailarbeit wieder den gröfsten Reichtum an historischen Kenntnissen und in den Anmerkungen eine Fülle von Litteratur zeigt, ist bei den Büchern dieses Autors selbstverständlich.

F. K. Ginzel.

Pater A. Secchi: Die Einheit der Naturkräfte. Übers. von Prof. Rud. Schultze. 2. revidierte Aufl. 2 Bde. Braunschweig 1891. Verlag von O. Salle. Preis 7,50 M.

Das Buch gehört zu den berühmtesten populärwissenschaftlichen Schriften der neueren Zeit, und wir können das Studium desselben auch heute noch, trotzdem infolge besonderer Umstände seit dem Erscheinen schon vier Jahre verstrichen sind, unseren Lesern aufs angelegentlichste empfehlen. Ein derartiges Buch veraltet nicht so leicht, denn es bietet nicht eine Darstellung des augenblicklichen Standes der Wissenschaft, sondern eine von historisch-kritischem Geiste durchtränkte Philosophie der modernen naturwissenschaftlichen Theorien, die sich seit einigen Jahrzehnten nicht mehr wesentlich verändert

haben. Freilicb erfordert die Aufnahms dsr Sseebischsn Gedankenreihon eius nicht unbeträcbtliche, sigens Denkarheit des Lesers, bei dsm wobl aucb dis Bekanntschaft mit den elemsntarsten Schulversuchen vorauagesetzt wird; wer aber die Mühe einsr intensiven Verarbsitung der im vorliegendsn Bucbs entwickelten Anscbauungen sich nicht verdriefsen läfst, dsr wird eins weitgebende Anregung einer Naturanschauung als Lohn empfangen, auch wenn sich zsigen sollte, dafs Seoohi hisr und da nicht unhedingt und für alle Zeit Reobt haben sollts. F. Kbr.

Lord Salisbury: Les limites actuelles de notre science. Traduit par W. do Fonvielle. Paris, Gauthier-Villars. 1895. Prix 1 fr. 50 c.

Die vorliegende, bedeutsame Rede, ein Seitenstück zu Du Bois Reymonds „Grenzen des Naturerksnnens", wurde von dem gegenwärtigen Leitsr der englischen Politik vor der Versammlung der Britisb Association in Oxford am 8. August 1894 gehalten. Zweifellos stellt diese von tisfgehender Sachkenntnis zeugends Äufserung nicbt nur die Ansicbt eines einzelnen Mannes über die letzten Fragsn der Wissenschaft dar, sondern kann als repräsentativ für die Auffassung der führenden, englischen Kreise gslten. Nachdem Redner die Rätsel beleuchtet, welche für uns in den Worten „chemischea Element" und „Äther" eingeschlossen sind, kommt er auf die Problemo der Biologie und den Darwinismus zu sprecben. Bei aller Anerkennung der hervorragendsn und unsterblichen Verdienste Darwins um den Fortschritt der biologischen Disziplinsn weist Salisbury doch die radikalen Konsequenzen Darwinscher Gedanksn, wie sie z. B. Haeckel gezogen hat, energisch zurück und sucbt nacbzuweisen, dafs trotz aller durch natürlicho Zuchtwabl und Anpassung möglichen Variationen der Organismen doch der Glaube an sins leitende Vorsehung in der Entwicklung der Lsbswesen nicht zu kapitulieren braucht, und dafs der Haeckelismus auf zahlreiche, kaum zu überwindende Schwierigksitsn stöfst, deren eine z. B. in dsr Länge der für die Entwicklung aller Wesen aus einer Urform erfordsrlichen Zeit bestoht, die von Astronomen und Geologen für das Alter der Erde garnicht zugestandsn werden kann.

Der französische Übsrsetzer hat der Rede Salisburys eine ausführliche, orientierende Einleitung vorausgeschickt und auch die launige Erwiderung des greiseu Huxley angefügt, sodafs die Lekture der kleinen Schrift auch einsn interessanten Einblick in englische Gepflogenheiten bei derartigen Anlässen gewährt. F. Kbr.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schönebg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Eine Damenhand

photographiert mit Röntgen'schen Strahlen in der Urania zu Berlin

von P. Spies.

Himmel und Erde.
Gesellschaft Urania Berlin

Über Roentgensche Strahlen.

Experimentalvortrag, gehalten in der Urania zu Berlin
von **P. Spies.**

Vor etwa sieben Jahren wurden die Kreise derer, die sich für Naturwissenschaften interessieren, in die gröfste Aufregung versetzt durch die Hertzsche Entdeckung von Strahlen elektrischer Kraft. Hertz zeigte, wie bekannt, dafs sich elektrische Störungen in wellenartiger Weise fortpflanzen, dafs diese Wellen von Spiegeln zurückgeworfen, durch Prismen gebrochen werden können wie die Lichtwellen, mit denen sich die elektrischen Wellen überhaupt in jeder Beziehung als gleichartig erwiesen, mit dem einzigen Unterschiede, dafs sich die Länge der Lichtwellen auf winzige Bruchteile eines Millimeters beschränkt, während die Hertzschen Wellen unter Umständen eine Länge haben können, wie die Wellen des sturmbewegten Meeres. In den letzten Tagen haben wir es nun wiederum erleben dürfen, dafs eine neue Art von Strahlen entdeckt wurde, die wahrscheinlich auch durch Schwingungen irgend welcher Art hervorgerufen werden, deren Entdeckung aber in einem nicht uninteressanten Gegensatze zu derjenigen von Hertz steht.

Hertz hatte sein Resultat aus theoretischen Gründen erschlossen und dann experimentell geprüft; Röntgen verdankt seine Entdeckung einem Zufall. Bei den Hertzschen Strahlen wufste man folglich im grofsen und ganzen, welche Eigenschaften von ihnen erwartet werden konnten; über das Wesen der Röntgenschen Strahlen vermag heute noch niemand etwas anderes als Vermutungen zu äufsern. Könnte man somit wohl sagen, dafs die Röntgensche Entdeckung als

geistige That hinter derjenigen von Hertz zurückstehe, so darf man doch nicht vergessen, dafs Röntgen seine zufällig gemachte Beobachtung mit dem Geiste des echten Forschers weiter verfolgt hat, und dafs das in praktischer Beziehung wertvollste Resultat, die eigentümliche Art der Photographie mit diesen Strahlen, das Ergebnis systematischer Versuche war. —

Dafs man mit dunklen Strahlen photographieren kann, ist an und für sich nicht neu, und doch ist diese Thatsache eigentlich mit Unrecht als ein Beweis dafür vorgebracht worden, dafs Röntgens Entdeckung nicht neu sei. Bleiben wir indes bei jener älteren Methode der Photographie mit unsichtbaren Strahlen für einen Augenblick stehen, zumal wir bei dieser Gelegenheit die Erscheinung, durch welche Röntgen zu seiner Entdeckung kam, besprechen können.

Zerlegt man das Licht der Sonne oder einer elektrischen Bogenlampe durch ein Quarzprisma in seine Bestandteile, so lassen sich Wirkungen dunkler Strahlen jenseits des violetten Spektrumendes nachweisen. Eine in diese Gegend gebrachte photographische Platte erfährt eine starke Einwirkung durch diese „ultravioletten“ Strahlen, welche, wie sich unmittelbar aus dem Experimente ergiebt, durch das Prisma noch stärker abgelenkt werden, als die violetten. Man kann also durch Abblendung der sichtbaren Bestandteile der Strahlen wirklich erreichen, dafs man im Dunkeln photographiert. Bringt man ferner in den blauen oder violetten Teil des Spektrums gewisse Substanzen, z. B. das von Röntgen benutzte Baryumplatincyanür, so werfen dieselben nicht einfach wie ein gewöhnlicher Papierschirm das auftreffende Licht zurück, sondern sie leuchten unter dem Einflusse desselben selbständig in einem eigentümlichen schwachen Lichte, sie fluoreszieren. Da nun dieses Leuchten in einer Farbe erfolgt, welche von derjenigen der erregenden Strahlen unabhängig und lediglich durch die betreffende Substanz bedingt ist, so wirft ein mit derartigen Substanzen bestrichener Schirm auch die ultravioletten Strahlen nicht einfach zurück, sondern er leuchtet unter ihrem Einflusse in seiner ihm eigentümlichen Nuance, er verwandelt also die unsichtbaren Strahlen in sichtbare. Denselben Lichtschimmer konstatiert man, wenn man Röntgensche Strahlen auf einen solchen Schirm fallen läfst, und so kam die erste sichtbare Wirkung zu stande, die uns das Vorhandensein dieses neuen Agens verriet. Dafs aus dieser gleichen Wirkung nicht auf die Gleichheit der Ursache, auf die Identität von ultravioletten und Röntgenschen Strahlen geschlossen werden darf, geht vornehmlich aus zwei Umständen hervor: Erstens sind

die Röntgenschen Strahlen nicht brechbar, wenigstens hat man bis jetzt vergeblich versucht, sie durch irgend ein Medium abzulenken, und zweitens ist die Durchlässigkeit der meisten Substanzen gegenüber den beiden Strahlenarten eine sehr verschiedene. Strahlen, welche sehr weit jenseits des violetten Spektrumendes liegen, gehen nicht nur nicht durch Glas, sondern nicht einmal mehr durch Luft hindurch, sodafs z. B. V. Schumann in Leipzig, als er die ganze Vorrichtung zur Erzeugung des Spektrums in einen luftleeren Raum brachte, bis dahin nicht bekannte Regionen des Spektrums auffand. Die Röntgenschen Strahlen gehen aber nicht nur durch Luft und Glas, sondern auch durch Holzklötze und nicht zu dicke Platten aus den leichteren Metallen ohne zu grofse Schwächung hindurch.

Überhaupt haben wir die Röntgenschen Strahlen wohl an keiner hellen oder dunklen Stelle im Spektrum zu suchen, sondern müssen bis auf weiteres annehmen, dafs sie mit den Kathodenstrahlen zusammen eine eigene Gruppe von Erscheinungen bilden, die in ihrer Gesamtheit den Strahlen des Lichts, der Wärme und der Elektrizität sozusagen gleichwertig gegenüberstehen.

Die Kathodenstrahlen gehören in mehr als einer Beziehung hierher, z. B. auch deshalb, weil ihre Erzeugung vorausgehen mufs, wenn wir Röntgensche Strahlen erzielen wollen. Es sei uns deshalb gestattet, diese eigentümliche Erscheinung, die man früher einem besonderen „strahlenden Aggregatzustande der Materie“ zuschrieb, hier in Kürze zu besprechen.

Wenn man ein Glasrohr an zwei Stellen mit einem eingeschmolzenen Draht versieht und mit den Polen eines Induktionsapparates verbindet, so kann man eine ganze Kette verschiedener Entladungsformen beobachten, sobald man die Luft aus dem Rohre mit Hülfe einer Luftpumpe mehr und mehr entfernt. Bei gewöhnlichem Luftdruck zeigen die Funken das bekannte verkleinerte Abbild des Blitzes; sobald man aber den Kolben der Luftpumpe wenige Male hin und her bewegt hat, konstatiert man, dafs die Elektrizität sehr viel leichter durch das Entladungsrohr hindurch geht, dafs z. B. viel eher eine Entladung in einer $^1/_2$ m langen Röhre stattfindet, als zwischen den in Luft von atmosphärischem Drucke liegenden Zuleitungsdrähten bei einem Abstand von wenigen cm. Zugleich verbreitert sich der Funke; er bildet ein rötliches Lichtband zwischen den beiden Elektroden, welches allmählich immer gröfsere Teile der Röhre anfüllt. So entsteht schliefslich die farbenprächtige Erscheinung der sogenannten Geifsler-Röhren, bei denen in der Regel $^1/_{300}$—$^1/_{1000}$ einer At-

mosphäre als Rest in der Röhre verbleibt. Treibt man die Verdünnung weiter, so sieht man in der Nähe derjenigen Elektrode, an welcher die Elektrizität das Rohr verläfst (negativer Pol, Kathode), die Glaswand lebhaft grün leuchten. Diese Lichterscheinung überwiegt und verdrängt bei fortschreitender Luftverdünnung alles, was sonst sichtbar ist, und bei etwa $^1/_{50000}$ Atmosphäre sieht man Gasreste in der Röhre überhaupt nicht mehr leuchten, sondern eben nur jenen Lichteffekt am Glase, der eine unmittelbare Folge der Kathodenstrahlen ist. Sehr schön zeigt er sich z. B. bei einem Rohre von nebenstehend gezeichneter Form (Fig. 1), welche sich auch zu den Röntgenschen Versuchen vorzüglich eignet. In dem röhrenförmigen Ansatze sitzt an dem einen Ende die scheibenförmige Kathode; der positive Pol wird durch einen Ring gebildet, welcher an dem anderen Ende der Röhre sitzt, da, wo dieselbe in eine Glaskugel übergeht. Es leuchtet der Teil der Kugelwand, welcher der Kathode gegenüberliegt, in lebhaftem grünem Lichte. Dafs die Wirkung von der Kathode aus sich in gradlinigen Strahlen ausbreitet, erkennt man an dem Vorhandensein eines scharf begrenzten Schattens, welchen der Ring auf die Glaswand wirft. Der ganze Vorgang hat grofse Ähnlichkeit mit der Fluoreszenz; denn auch hier werden sichtbare Strahlen durch unsichtbare erregt.



Fig. 1.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft der Kathodenstrahlen besteht darin, dafs sie sich durch den Magneten ablenken lassen. Bringt man etwa einen Hufeisenmagneten in die Nähe des röhrenförmigen Teiles des Entladungsapparates, so sieht man den Schatten und die hellen Strahlen auf der Glaskugel an einer anderen Stelle, die man durch Bewegung des Magneten beliebig variieren kann. Von sonstigen interessanten Eigenschaften der Kathodenstrahlen sei noch die bedeutende Wärmewirkung erwähnt, welche sie auf der Glaswand hervorrufen, sowie der mechanische Druck, den ein von den Strahlen getroffener Körper durch sie erfährt. Bringt man z. B. auf den Gang der Kathodenstrahlen ein leichtes Rädchen, dessen Schaufeln einseitig getroffen werden, so beginnt dasselbe sich zu drehen, gerade so als ob von der Kathode ein Wasserstrahl oder ein Luftstrahl ausginge. Eine Ansicht, die der letzteren Vermutung nahe kommt, ist von dem Engländer Crookes geäufsert worden, demselben Forscher, dem nebenbei bemerkt in Laienkreisen die Entdeckung aller dieser merkwürdigen Erscheinungen zugeschrieben wird, während sie in Wirklichkeit von Hittorf und anderen gemacht wurde. Er glaubte, dafs ein Kathodenstrahl nichts anderes sei, als die Bahn, längs welcher die

Moleküle des Luftrestes von der Kathode hinweg geschleudert würden. Treffen die Moleküle auf die Glaswand, so setzen sie ihre Energie zum Teil in Lichtschwingungen um, teils erzeugen sie, wie ein gegen eine Metallplatte fliegendes Geschofs, Wärme. Dafs endlich ein mechanischer Antrieb auf die getroffenen Körper ausgeübt werden kann, erscheint selbstverständlich. Die Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen durch den Magneten vergleicht Crookes mit der Krümmung, welche die an sich gradlinige Bewegung eines Geschosses unter dem Einflufs der Schwere erfährt; wir haben gekrümmte Flugbahnen der kleinen Luftgeschosse vor uns. Wie man sieht, erscheint diese Theorie recht plausibel, und sie leidet nur an dem Übelstand, dafs sie nicht zutreffend ist. Es sprechen gegen sie neuere Untersuchungen, vornehmlich diejenigen von H. Hertz und Ph. Lenard, welche als die unmittelbaren Vorläufer Röntgens anzusehen sind. Hertz hat nach verschiedenen Richtungen hin auf dem Gebiete der Kathodenstrahlen erfolgreich gearbeitet. Eine seiner Untersuchungen zeigt, dafs eine sonst in der Natur gewöhnlich beobachtete Umkehrbarkeit der physikalischen Vorgänge hier ausbleibt: der Magnet lenkt zwar die Kathodenstrahlen ab, aber die Kathodenstrahlen nicht den Magneten. Eine sehr leicht bewegliche Magnetnadel in der Nähe der Kathodenstrahlenbahn aufgehängt, erfuhr nicht den mindesten Einflufs. Es geht hieraus hervor, dafs die Wirkung des Magneten auf die Kathodenstrahlen eine mittelbare ist. Man hat sich nicht den Kathodenstrahl als etwas Materielles zu denken, das den zweiten Angriffspunkt einer Kraft bildete, deren erster an dem Magneten zu suchen wäre; in diesem Fall müfste die Wirkung eine wechselseitige sein; der Magnet beeinflufst vielmehr lediglich das Medium, in welchem sich der Kathodenstrahl, einem Lichtstrahl vergleichbar, fortpflanzt, und in diesem so veränderten Medium erfährt der Kathodenstrahl eine Ablenkung. Einen analogen Fall haben wir z. B., wenn wir ein Stück Glas an einzelnen Stellen stark pressen; wir können dadurch sein Lichtbrechungsvermögen ändern, also einen hindurchgehenden Lichtstrahl auf einen anderen Weg leiten. In diesem Falle wird niemand annehmen, dafs der Lichtstrahl die Schraube der Presse seinerseits abzulenken vermöge. Die Thatsache, dafs die Kathodenstrahlen durch den Magneten abgelenkt werden, ist übrigens für ihre Unterscheidung von den Röntgenschen Strahlen von Wichtigkeit; denn diese zeigen eine derartige Eigenschaft nicht. Dieser Unterschied dürfte indessen hinsichtlich seiner Beweiskraft noch besonders zu untersuchen sein, da E. Goldstein, ein verdienter Forscher auf diesem Gebiete, schon vor

einigen Jahren nachgewiesen hat, dafs gewisse Arten von Kathodenstrahlen durch den Magneten nicht beeinflufst werden.

Einen weiteren Anstofs zu einer veränderten Auffassung des Wesens der Kathodenstrahlen gab eine andere Beobachtung von Hertz: Kathodenstrahlen vermögen durch dünne Metallblätter hindurch zu gehen. Lenard gelang es unter Benutzung dieser Thatsache zum ersten Male, die geheimnisvollen Kathodenstrahlen aus dem Bannkreis der luftverdünnten Röhren heraus in den von Menschen bewohnbaren, lufterfüllten Raum treten zu lassen. Er erreichte das dadurch, dafs er ein Entladungsrohr mit einem Fenster aus dünnem Aluminiumblatt versah, durch welches die Kathodenstrahlen dann ins Freie hinaustraten. Nur ihre Erzeugung, nicht ihre Fortpflanzung ist an die Luftverdünnung gebunden; allerdings absorbiert und zerstreut die Luft die Strahlen sehr bald; sie pflanzen sich in derselben nur etwa so fort, wie ein Lichtstrahl im Wasser, welches durch Zusatz von etwas Milch getrübt ist. Immerhin gelang es Lenard, in der Nähe eines solchen Entladungsrohres mit den Kathodenstrahlen zu photographieren, Fluoreszenz hervorzurufen u. s. w. Wie man sieht, war dieser geschickte Experimentator überhaupt nur einen einzigen Schritt von der Röntgenschen Entdeckung entfernt, doch hat er diesen Schritt nicht gethan. So z. B. schreibt Lenard in einer im Oktober des vorigen Jahres veröffentlichten Abhandlung folgenden Satz: „Kathodenstrahlen gehen fast durch alle Substanzen hindurch, aber durch alle nur in ganz dünnen, zarten Schichten; keinen einzigen Körper giebt es, der sich gegen Kathodenstrahlen etwa so verhielte, wie Glas gegen Licht.“ Bedenkt man nun, dafs die Röntgenschen Strahlen, wie gesagt, durch Holzklötze und dicke Aluminiumplatten hindurchzugehen vermögen, so kann von zarten Schichten nicht mehr die Rede sein; und wie sich auch immer das Verhältnis zwischen den beiden Strahlenarten durch weitere Untersuchungen gestalten mag, so ist es doch sicher, dafs Röntgen zum ersten Male in grofsem Stil die Möglichkeit dieser merkwürdigen Art zu photographieren gezeigt hat.

Um hier die Besprechung der weiter oben vorgetragenen Crookesschen Ansicht wenigstens einigermafsen abzuschliefsen, sei noch erwähnt, dafs Lenard durch solche Fenster die Kathodenstrahlen auch in einen gänzlich luftleeren Raum eintreten liefs, in dem sie sich sehr gut fortzupflanzen vermögen, obwohl sie in ihnen nicht erzeugt werden können. Es liegt also auch aus diesem Grunde nahe, anzunehmen, dafs die Kathodenstrahlen durch etwas vermittelt werden,

was wir durch keine Luftpumpe aus einem Raum zu entfernen vermögen, also vermutlich durch denselben Äther, den wir als Träger der Lichtstrahlen auch im luftleeren Raum annehmen.

Um nach dieser Besprechung der Vorbedingung für das Zustandekommen der Röntgenschen Strahlen endlich zu diesen selbst zu kommen, brauchen wir nur anzuführen, wie sich Röntgen die Sache denkt. Er ist der Ansicht, dafs die von ihm sogenannten X-Strahlen an der Stelle der Glaswand entstehen, wo die Kathodenstrahlen auftreffen. Die Kathodenstrahlen würden also bei ihrem Auftreffen aufser den obengenannten verschiedenen Wirkungen auch noch diese neue zur Folge haben. Man kann die Röntgenschen Strahlen leicht von der sichtbaren Wirkung trennen, indem man etwa ein solches Entladungsrohr in ein schwarzes Tuch hüllt; man sieht dann von dem grünen Leuchten des Glases nichts mehr, aber die unsichtbaren Röntgenschen Strahlen gehen durch das Tuch hindurch und bringen beispielsweise unseren bereits mehrfach benutzten Schirm zum Leuchten. Es ist dabei durchaus nicht nötig, dafs man die mit Salz bestrichene Seite dem Entladungsrohr zuwende; da die Strahlen den Karton mit Leichtigkeit zu durchdringen vermögen, kann man sie in der Weise demonstrieren, dafs man die empfindliche Seite des Schirmes dem Beobachter zuwendet. Die Strahlen durchdringen den Karton, treffen auf seiner vorderen Seite das Salz und bringen es zum Leuchten. Halten wir zwischen Entladungsrohr und Schirm ein zolldickes Brett aus Tannenholz, so wirft dasselbe allerdings einen Schatten, aber dieser Schatten ist keineswegs schwarz, sondern er macht etwa denselben Eindruck, wie wenn man mit einer Scheibe aus Fensterglas einen Schatten wirft. Bringen wir hingegen jetzt noch zwischen Entladungsrohr und Brett die Hand, so halten die Knochen derselben, welche ziemlich undurchlässig sind, die Röntgenschen Strahlen an gewissen Stellen von dem Schirm ab; an diesen wird er also auch nicht zum Leuchten erregt, und so hat es den Anschein, als sähen wir den Schatten der Handknochen unmittelbar auf dem Schirm, — wir beobachten sozusagen einen indirekten Schatten. Dieselbe Erscheinung kann man mit Hülfe der Photographie nachweisen; die Figur 2 zeigt das für diese Zwecke geeignete Arrangement. Eine Entladungsröhre (diesmal eine der von Hittorf benutzten Formen; die oben gezeichnete Form wirkt aber besser) wird mit den Polen eines Ruhmkorff-Apparates verbunden; unter dem Entladungsrohr, welches Röntgensche Strahlen aussendet, liegt ein aus durchlässigen und undurchlässigen Teilen zusammengesetzter

Gegenetand, z. B. ein ledernes Portemonnaie mit metallenen Beschlägen und einigen Münzen, unter diesen wiederum eine in schwarzes Papier eingehüllte photographieche Platte. Läfst man die elektrische Entladung etwa 5—10 Minuten vor eich gehen, eo ist die Platte genügend exponiert, und man findet hei der photographiechen Entwicklung, dafs alle Metallteile die Röntgenschen Strahlen nur wenig hindurchgelaesen haben, während an den unter dem Leder befindlichen Stellen die Platte stark geschwärzt iet. Wie man eieht, läfet die Photographie mit Röntgenechen Strahlen nur ein eigenartiges Verfahren zu, welches seine Vor- und Nachteile hat. Ein grofser Nachteil ist es, dafe wir immer nur Schatten photographieren können,

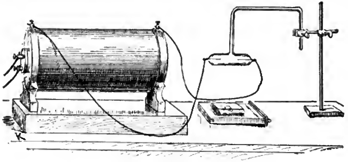


Fig. 2.

welche allerdings durch gröfsere oder geringere Intensität mancherlei Details aufzuweieen vermögen. Von der Erzeugung eines Bildes mit Hülfe von Linsen kann wegen des Mangels einer brechenden Substanz für die Röntgenschen Strahlen nicht die Rede sein. Ein Vorteil der Photographie mit Röntgenechen Strahlen, und eben jene Eigenschaft, welche so aufserordentliches Aufeehen erregt hat, liegt darin begründet, dafs die Durchlässigkeit, welche die verschiedenen Stoffe gegenüber den neuen Strahlen besitzen, eine ganz andere ist, als gegenüher den Lichtstrahlen. Im allgemeinen läfst sich die Regel aufstellen, dafs ein Stoff desto durchlässiger ist, je geringer seine Dichte, mit anderen Worten, je geringer sein spezifisches Gewicht; z. B. läfst Aluminium die Strahlen besser hindurch als Blei, und dieees hinwieder wird an Undurchlässigkeit noch von dem Platin ühertroffen. Übrigens hat Lenard ein ähnliches Gesetz für die Kathodenstrahlen gefunden und in den weiteeten Grenzen experimentell hestätigt. Diese Abhängigkeit der Absorption von den auf dem Gang einee Röntgenechen

Strahls sich befindenden Massen ist, wie schon ein flüchtiger Vergleich mit den entsprechenden optischen Erscheinungen zeigt, einerseits in wissenschaftlicher Beziehung sehr merkwürdig — man kommt in die Versuchung, sogar an einen Zusammenhang mit der Erscheinung der Gravitation zu denken — und führt andererseits zu den merkwürdigsten praktischen Konsequenzen. Glas ist beispielsweise viel undurchlässiger als Holz.

Der letztere Stoff oder auch Papier und dergleichen setzen dem Durchgang der Röntgenschen Strahlen einen sehr geringen Widerstand entgegen, so dafs man mit Leichtigkeit einen in einem Buche oder,



Fig. 3.

wie dies Figur 3 zeigt, in einem verschlossenen Holzkasten liegenden Metallgegenstand photographieren kann. Man sieht auf der Photographie auch sehr schön die Schrauben, durch welche die Bretter des Kastens zusammengehalten werden, und welche natürlich in Wirklichkeit gänzlich im Holze versteckt liegen. Da aber die Metalle nicht völlig undurchsichtig sind, lassen sich auch Ungleichmäfsigkeiten an einem Metallstück erkennen, z. B. die Stellen, an welchen Teile desselben aneinander gelötet sind, und dergleichen mehr.

Am interessantesten sind natürlich die Aufnahmen, welche innere Teile des menschlichen Körpers wiedergeben, z. B. die inzwischen schon sehr bekannt gewordene Aufnahme der Handknochen u. s. w. (siehe das Titelbild). Die praktische Verwertung dieser Art der Photographie ist in einer speziellen Richtung bereits über das Stadium des Versuches hinausgekommen, nämlich bei der Photographie von

Fremdkörpern in den menschlichen Extremitäten. So zeigt die Figur 4 die Mittelhand einer Frau, welche sich etwa 1/4 Jahr vor der Aufnahme ein Stück einer Nähnadel in den Ballen des kleinen Fingers gestofsen hatte. Wie das öfter vorkommt, war das Nadelstück im Laufe der Zeit gewandert, und man konnte seinen Ort nicht mehr bestimmen; gleichzeitig stellten sich erhebliche Beschwerden ein, die



Fig. 4.

bis in den Arm ausstrahlten. Eine in der Urania hergestellte Photographie mit Röntgenschen Strahlen ergab sehr genau den Sitz des Nadelstückes und gestattete eine leichte Entfernung desselben. Ohne eine solche Aufnahme würde das Suchen des immerhin nicht sehr grofsen Gegenstandes vermutlich die Operation sehr viel schwieriger gestaltet haben. In ähnlicher Weise wird die Medizin sicher-

lich bei der Behandlung von Arm- oder Beinbrüchen aus der neuen Methode Vorteil ziehen können. Das Erkennen von irgend welchen Veränderungen in den Weichteilen des menschlichen Körpers ist durchaus nicht ausgeschlossen, wenn man nur die Dauer der Exposition so abmifst, dafs die Weichteile nicht völlig durchlässig erscheinen. Auch andere Gebiete, z. B. das der beschreibenden Naturwissenschaften, dürften von dem neuen Verfahren Vorteil ziehen. So ist es dem Verf. gelungen, das Skelett eines Idiurus zu photographieren, der bis jetzt in den zoologischen Sammlungen nur in einem einzigen Exemplar existiert, welches dem Berliner Museum für Naturkunde angehört. Man hatte sich bis jetzt gescheut, eine energische Aufdeckung des Innern dieses Tieres vorzunehmen.

Es sei uns gestattet, die Betrachtung über diesen Gegenstand mit einem Worte abzuschliefsen, welches einer der Altmeister unserer physikalischen Wissenschaft, Professor Boltzmann in Wien, an den Schlufs eines Berichtes über denselben gesetzt hat; er sagt:

„Es ist eine erfreuliche Thatsache, dafs trotz der grofsen naturwissenschaftlichen Entdeckungen diese Quelle wunderbarer Erfindungen noch nicht spärlicher fliefst, und dafs gerade in den letzten Jahren wieder eine Reihe neuer Erscheinungsformen und Agentien gefunden wurde, welche auf Jahrzehnte hinaus Stoff zur Forschung geben dürften, und deren Nutzanwendungen wohl erst das kommende Jahrhundert erleben wird.“

Johann Christian Doppler und das nach ihm benannte Prinzip.

Von Prof. Dr. **Julius Scheiner** in Potsdam.

Dopplers Name ist mehr als 30 Jahre lang nach seinem Tode nur im Kreise der engsten Fachgenossen bekannt gewesen, und doch war er dazu berufen, ein neues Prinzip vorahnend aufzustellen, eine neue Aera in den astronomischen Wissenschaften zu eröffnen. Wie in der Politik, so auch in den Wissenschaften: Es ist nicht der kluge Gedanke, der zur Berühmtheit führt, sondern erst der greifbare Erfolg, der die Aufmerksamkeit auf den Schöpfer des Gedankens leitet. Bei Doppler ist der Erfolg erst sehr spät eingetreten, erst nach seinem Tode; aber nicht zu spät, als dafs es nicht eine Pflicht wäre, besonders von Seiten derjenigen, die diesem Erfolge nahestehen, den einfachen und bescheidenen Mann auch weiteren Kreisen bekannt zu machen.

Wenn Verfasser diese Pflicht in den folgenden Zeilen zu erfüllen sucht, so ist er hierzu wesentlich durch die gütigen Bemühungen des Herrn Safarik in Prag in den Stand gesetzt worden.

Johann Christian Doppler wurde am 29. November 1803 zu Salzburg als Sohn eines Steinmetzmeisters geboren. Da er schon als Knabe eine grofse Geschicklichkeit im Modellieren zeigte, wurde er zu dem gleichen Handwerke bestimmt, doch mufste diese Absicht seiner schwächlichen Gesundheit halber bald aufgegeben werden, und sein Vater beschlofs nun, ihn Kaufmann werden zu lassen. Zuerst aber sollte seine Tauglichkeit hierzu geprüft werden, und bei dieser Gelegenheit erkannte der Mathematiker Stampfer den regen Geist und die mathematische Begabung des Knaben. Stampfer riet dem Vater, seinen Sohn studieren zu lassen, und dies geschah, wenngleich nicht auf dem normalen Wege. Der junge Doppler besuchte von 1822—1825 das K. K. polytechnische Institut in Wien, erkannte aber,

dafs die dortige etwas einseitige Ausbildung nicht seinen geistigen Anforderungen entsprach, und kehrte deshalb nach Salzburg zurück, woselbst ihm auf Grund seiner vorzüglichen Zeugnisse die Erlaubnis erteilt wurde, den Gymnasialkursus in abgekürzter Weise durchzumachen. Nach Absolvierung desselben, wobei er übrigens in der letzten Zeit schon selbst Unterricht in der Mathematik und



Physik erteilte, kam er im Jahre 1829 als Assistent zu dem Mathematiker Hantschel in Wien und blieb in dieser Stellung bis 1833. Bereits von hier aus veröffentlichte Doppler mehrere mathematische Untersuchungen, die schon deutlich den scharfen Forschergeist erkennen lassen. Er hatte die Absicht, sich ganz den Wissenschaften zu widmen, aber seine Bemühungen, eine entsprechende Stellung zu erlangen, schlugen fehl; so beschlofs er denn, sein Glück in der neuen Welt zu suchen, verkaufte seine sämtlichen Habseligkeiten und

begab sich 1835 zunächst nach München, um mit dem dortigen amerikanischen Konsul seine Übersiedelung nach Amerika zu besprechen. Aber das Schicksal wollte es doch anders. In München traf ihn die Mitteilung, dafs er zum Professor der Mathematik und Handlungsbuchhaltung an der ständischen Realschule in Prag mit einem Gehalt von 800 Gulden ernannt sei, gleichzeitig erhielt er auch einen Ruf nach der Schweiz. Er gab nun sein Vorhaben auszuwandern auf und nahm die Stelle in Prag an. 1836 verheiratete er sich. 1837 übernahm er die Supplierung der höheren Mathematik und praktischen Geometrie an der ständisch-technischen Lehranstalt zu Prag, und 1841 erhielt er daselbst die Professur der Elementarmathematik und praktischen Geometrie. Während dieser Zeit hat Doppler fortwährend selbständige Arbeiten neben seiner umfangreichen Lehrthätigkeit herausgegeben. Schon um diese Zeit war seine Gesundheit angegriffen. Sein ohnedies nicht starker Körper konnte die Anstrengung so vieler Vortragsstunden in engen, mit Schülern überfüllten Räumen nicht ertragen; der Keim der Krankheit, die seinen frühen Tod herbeiführte, entwickelte sich hier in ihm. Bereits 1840 zum aufserordentlichen Mitgliede der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Prag ernannt, wurde er 1843 ordentliches Mitglied dieser gelehrten Gesellschaft.

Im Jahre 1847 trat in Dopplers Leben eine neue Wendung ein; er wurde nämlich in diesem Jahre zum K. K. Bergrat und Professor der Mathematik, Physik und Mechanik an der Berg-Akademie zu Schemnitz ernannt. In dieser Stellung blieb er jedoch nur zwei Jahre, um alsdann an dasselbe Institut zurückzukehren, in welchem er seine wissenschaftliche Laufbahn begonnen hatte, und zwar als Professor der praktischen Geometrie, an die Stelle seines ehemaligen Lehrers Stampfer.

In dieser Zeit wurde Doppler zum Mitgliede der Prüfungs-Kommission für Gymnasial-Lehramts-Kandidaten ernannt, und auch andere Ehrenbezeugungen wurden ihm zu teil: Die Universität zu Prag sandte ihm ihr Ehrendoktor-Diplom, und die kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu Wien erwählte ihn 1848 zum wirklichen Mitgliede. Überhaupt schien nun ein freundliches Geschick über ihm walten zu wollen. Im Jahre 1850 wurde in Wien ein physikalisches Institut gegründet, dessen Zweck hauptsächlich die Bildung von Lehrern in diesem Fache für den, einen neuen Aufschwung nehmenden Gymnasialunterricht sein sollte. Doppler wurde zum Direktor dieses Instituts und gleichzeitig zum ordentlichen Professor der Experimen-

talphysik an der K. K. Universität zu Wien ernannt und trat so in eine Stellung, wie sie nie vorher einem Professor in Österreich zu teil geworden war.

Leider trat dieses glückliche Ereignis für Doppler zu spät ein; seine Kraft war bereits gebrochen, und doch bedurfte er ihrer im vollsten Mafse, um einen Platz auszufüllen, der nicht blos eine geniale Auffassung einzelner Zweige der Physik, sondern eine Reihe praktischer Erfahrungen voraussetzte, welche Doppler in seinen früheren Verhältnissen zu erwerben in der Lage war. Als Vorsteher eines Instituts, welches die reichsten Mittel zur Förderung der Wissenschaft und des Unterrichts darbot, bedurfte es einer Kraftentwicklung, deren er sich auf die Dauer nicht mehr fähig fühlte.

Er sah sich daher im Jahre 1852 genötigt, einen Urlaub zu nehmen, um in einem milderen Klima seinem schon allzuweit vorgeschrittenen Brustleiden womöglich ein Ziel zu setzen, und wählte einen Aufenthalt in Venedig, wo sein bester Freund, der Philosoph Exner, gleichfalls in Hoffnung auf seine Genesung weilte. Aber das Übel, an dem Doppler so lange litt, war bereits zu sehr entwickelt; er starb am 17. März 1853 schmerzlos und ruhig in den Armen seiner Gattin, die kurz vorher zu seiner Pflege nach Venedig geeilt war.

Die vorstehenden biographischen Notizen sind dem Nekrologe Dopplers aus dem Almanach der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien entnommen, der von der Hand des damaligen Generalsekretärs der Akademie, dem Professor der Chemie Strötter, herrührt. Aufser diesem Nekrologe scheint nichts Authentisches über Dopplers Leben veröffentlicht zu sein. Durch die Vermittlung des Herrn Professor Safarik sind dem Verfasser jedoch noch einige sehr charakteristische Notizen von Seiten des jetzt emeritierten Professors der Geodäsie am deutschen Polytechnikum in Prag, Koristka, mitgeteilt worden, der im Jahre 1848 Assistent Dopplers in Schemnitz war.

„Doppler war von hoher, magerer Gestalt, und zeigte schon in Schemnitz die Anlage zu dem Brustübel, welches seinen frühen Tod verursachte. Er war eine echte Gelehrtennatur, die nur der Wissenschaft lebte, still und freundlich und doch voll inneren Lebens. Schon seine leuchtenden Augen zeigten einen Geist an, der über das mittlere Mafs hinausging. Auch seine Frau, eine Salzburgerin, war eine stille innere Natur; von seinen fünf Kindern wurde der älteste

Sohn Ingenieur und bekleidet zur Zeit eine höhere Stelle im Eisenbahndienst.

In der sogenannten vormärzlichen Zeit müssen auch in Österreich die Verhältnisse äufserst trauriger Art gewesen sein, und von der freien Entfaltung eines wissenschaftlichen Lebens konnte damals keine Rede sein, wo jeder vielmehr genug zu thun hatte, die alltäglichsten Sorgen des Lebens abzuwenden. Doppler hat unter diesen Verhältnissen sehr gelitten, noch mehr aber unter dem wüsten Treiben, welches sich in den 48er und 49er Jahren in Ungarn entfaltete, und es ist keine Frage, dafs diese ungünstigen Verhältnisse neben seiner anstrengenden Thätigkeit sein Ende beschleunigt haben. Sehr bezeichnend für den stillen und wohl auch etwas ängstlichen Mann ist die folgende vom Professor Koristka erzählte Episode: Koristka kam im Beginn des Jahres 1848 als Assistent Dopplers nach Schemnitz, und sein Verhältnis zu demselben gestaltete sich bald sehr angenehm, da Doppler ihn wie einen Sohn behandelte. Leider kam das Frühjahr 1848 und mit ihm das unruhige, lärmende politische Treiben in Ungarn. Dopplers stille Gelehrtennatur litt unter dem wüsten Spektakel unglaublich, und bald fühlte er sich derart irritiert, dafs er erklärte, er könne es nicht länger aushalten. Er verschaffte sich rasch Urlaub für das Sommersemester, bestellte Koristka zum Supplenten und ging davon. Erst im Herbste kehrte er zurück und nahm seine Geschäfte wieder auf, aber 1849 kam es noch ärger. Die ungarische Revolution brach aus, und das ungarische Revolutionsheer unter Görgey besetzte sofort die Bergstädte, in der Hoffnung, dort grofse Vorräte an Gold und Silber zu finden, worin man sich allerdings gründlich täuschte. Das kaiserliche Heer kam herangezogen, belagerte und beschofs Schemnitz, Brände brachen aus, was alles den feinfühlenden Geometer und Physiker erst recht zur Verzweiflung brachte. Da erfuhr der ungarische Generallissimus Görgey von Dopplers Anwesenheit. Er kannte seinen Namen und vielleicht auch seine Person noch von Prag her, wo er von 1846—1848 Chemie studiert hatte. Sofort liefs er Doppler zu sich bitten, um das Vergnügen einer Unterredung mit ihm zu haben. Doppler brachte dies in Verlegenheit, da er mit Recht fürchtete, wenn die Österreicher die Revolution besiegt haben würden, könnte Angeberei seinen Verkehr mit Görgey in einer für ihn höchst unangenehmen Weise ausbeuten. Er zögerte deshalb zuerst, dann forderte er Koristka auf, ihn zu begleiten, um nötigenfalls später bezeugen zu können, dafs von Politik keine Rede bei diesem Besuche gewesen wäre. Görgey nahm den

Besuch liebenswürdig auf, und trotz der militärischen Unruhe ringsherum entwickelte sich bald ein lebhaftes wissenschaftliches Gespräch. Da fiel plötzlich eine von den Belagerern geworfene Bombe mit gräulichem Gekrache auf ein nahes Haus und rifs ein grofses Stück Mauerwerk ein, dafs alles erzitterte und Doppler schier umsank. Görgey erklärte seinen Gästen, was geschehen sei, und meinte ganz wohlgemut, das komme ab und zu vor, aber sie seien an einem sichern Orte, und ihnen könne nichts geschehen. Die Revolutionsarmee zog bald nach Süden ab, ihrem Verhängnisse entgegen, und die Österreicher rückten in Schemnitz ein; aber Doppler hatte genug, er nahm abermals Urlaub, ging nach Wien und kehrte nicht mehr zurück."

Dopplers Arbeitskraft mufs eine ganz aufserordentliche gewesen sein, wenn man die Zahl seiner Schriften bedenkt, die er trotz der ungünstigen äufseren Verhältnisse, trotz einer sehr anstrengenden Lehrthätigkeit bei raschem und vielfachem Wechsel der Stellungen und trotz seines Leidens publiziert hat. Die Zahl dieser Schriften beträgt nämlich 51, wovon mehrere recht umfangreich sind. Seine ersten Publikationen beziehen sich wesentlich auf mathematische Untersuchungen; später hat sich Doppler fast ganz physikalischen Arbeiten zugewandt, meist aus den Gebieten der Optik und Elektrizität. Aufserdem finden sich Abhandlungen mehr naturphilosophischer Art, z. B. „Betrachtungen über das Grofse und Kleine in der Natur," sowie, in gewissem Sinne hierzu gehörig: „Über die Anzahl der möglichen Gesichtswahrnehmungen." An seine spezielle Thätigkeit an der Bergakademie in Schemnitz erinnern Abhandlungen über markscheiderische Deklinationsbeobachtungen, über eine noch unbenutzte Quelle magnetischer Deklinationsbeobachtungen, über eine katoptrische Vorrichtung zum Abstecken der sogenannten Eisenbahnkurven und anderer krummen Linien u. s. w.

Von allen seinen Untersuchungen interessieren uns hier naturgemäfs am meisten diejenigen optischer Natur, welche zum Teil in das Gebiet der Astronomie hineinreichen, und von diesen wiederum das nach ihm benannte optische Prinzip.

Im Jahre 1843 veröffentlichte Doppler in den Abhandlungen der Königl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Prag eine Abhandlung „Über das farbige Licht der Doppelsterne", in welcher er sein später so berühmt gewordenes Prinzip aufstellte. Näheres über dieses Prinzip haben die Leser dieser Zeitschrift bereits im 4. Hefte des ersten Jahrgangs derselben erfahren, so dafs die daselbst gegebenen Erklärungen als bekannt vorausgesetzt werden

können. Doppler zeigt, dafs sich die Länge einer Lichtwelle und damit auch ihre Farbe ändert, sobald die Lichtquelle oder der Beobachter in einer in der Verbindungslinie beider, dem Visionsradius, stattfindenden Bewegung begriffen sind. Doppler glaubte, die zum Teil sehr markierten Farben der Doppelsterne, überhaupt auch wohl der Fixsterne nach diesem Prinzip der Optik durch Bewegungen der Sterne erklären zu können. Das Fehlerhafte dieser ersten Anwendung seines Prinzips auf die Fixsterne liegt darin begründet, dafs die Fixsterne im allgemeinen weifses Licht aussenden, d. h. Licht von allen Wellenlängen, wenn auch durch Absorptionen in den Atmosphären einzelne Teile des Spektrums stärker abgeschwächt werden als andere, und so Färbungen entstehen, die aber stets mit weifs gemischt sind. Für jede einzelne Lichtwelle findet gewifs eine Veränderung ihrer Länge, also auch ihrer Farbe statt, aber die Gesamtheit des Lichtes wird nicht geändert, da aus dem ultraroten oder ultravioletten Teile des Spektrums stets ein Ersatz der durch die Bewegung veränderten Strahlung stattfindet. Würden die Fixsterne homogenes Licht von einer einzigen Farbe aussenden, so wäre Dopplers Anwendung seines Prinzips theoretisch richtig gewesen, praktisch allerdings auch nicht, da sie Geschwindigkeiten der Sternbewegungen voraussetzt, wie sie nicht annähernd bis jetzt im Weltenraume beobachtet worden sind.

Es möge nun im Anschlusse an eine von N. C. Dunér gegebene Zusammenstellung die historische Entwickelung des Dopplerschen Prinzips, besonders in theoretischer Beziehung kurz dargelegt werden.

Als erster, der sich für das Dopplersche Prinzip interessierte, trat Bolzano auf, der bereits im Entdeckungsjahre eine theoretische Untersuchung veröffentlichte, in welcher er eine von Doppler selbst zugegebene Schwierigkeit zu beseitigen versuchte. Die Schwierigkeit, über welche Doppler nicht hinwegkommen konnte, betrifft den Umstand, dafs das Licht aus Transversalschwingungen besteht. Zwei Jahre später berichtete Buijs Ballot über seine Versuche, die er auf der Eisenbahn von Utrecht nach Maarsen angestellt hatte, um die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips bei den Schallwellen nachzuweisen. Auf einer mit grofser Geschwindigkeit fahrenden Lokomotive wurde ein Ton von bestimmter Höhe erzeugt, und es konnte jedesmal beim Vorbeipassieren der Lokomotive mit Deutlichkeit das plötzliche Herabgehen des Tones gehört werden, genau so, wie es die Theorie erfordert. Während also Buijs Ballot den physikalischen Teil des Dopplerschen Prinzips kräftigte, zeigte er sich als entschiedener Gegner der von Doppler gemachten Anwendung auf die Farben der

Sterne, wobei er sich bereits auf die von Fraunhofer zuerst erkannten spektralen Erscheinungen der Fixsterne stützte. Die hiergegen von Doppler erhobenen Einwände sind sehr schwacher Natur, und es würde für seinen wissenschaftlichen Ruf entschieden besser gewesen sein, wenn er in diesem Punkte nachgegeben hätte, anstatt hartnäckig und eigensinnig daran festzuhalten.

Im Jahre 1848 veröffentlichte Fizeau die Bemerkung, dafs die durch eine Bewegung in der Gesichtslinie bedingte Änderung der Wellenlänge auch eine Veränderung der Brechbarkeit bedingen müsse, dafs also in einem Spektrum hierdurch eine Verschiebung der Spektrallinien resultiere. Damit war der grofse Schritt zu einer vernunftgemäfsen Anwendung des Dopplerschen Prinzips gethan, und dieser Schritt ist so wichtig, dafs es nicht unberechtigt erscheint, nach dem Vorgange Cornus von einer Doppler-Fizeauschen Methode zu sprechen. Fizeau selbst macht auf die Schwierigkeiten, welche dadurch entstehen, dafs infolge der im Verhältnis zur Lichtgeschwindigkeit im Weltall vorkommenden nur geringen materiellen Geschwindigkeiten die Verschiebungen nur sehr gering sein können, aufmerksam, spricht aber gleichzeitig die Hoffnung aus, dafs es doch späterhin gelingen möge, diese Verschiebungen zu finden. — Lange Jahre hat es allerdings gedauert, bis diese Hoffnung in Erfüllung gegangen ist, bis die fortschreitende Verbesserung an Instrumenten und Methoden schliefslich nicht blos zu einem Nachweis, sondern auch zu einer Messung der Geschwindigkeiten im Weltall geführt hat. In welcher Weise dies geschehen ist, und welche Aussichten für fernere Zeiten für die astronomische Forschung eröffnet sind, ist den Lesern dieser Zeitschrift bereits bekannt.

Darüber, dafs Doppler diese Anwendung seines Prinzips nicht selbst gefunden hat, kann ihm kein Vorwurf gemacht werden; wohl aber darüber, dafs er, nachdem Fizeau diese Anwendung ausgesprochen hatte, die Bedeutung derselben so wenig erkannt hat, dafs er in einer Besprechung der Fizeauschen Publikation diesen Kernpunkt derselben zu erwähnen nicht der Mühe wert erachtet hat.

Fizeau hat übrigens ebenfalls einen experimentellen Beitrag zum Beweise des Dopplerschen Prinzips bei Tonwellen gegeben. Er benutzte hierzu ein sehr schnell rotierendes Rad, an dessen Peripherie elastische Lamellen angebracht waren, die gegen Zähne anschlugen. Der hierbei entstehende Ton mufste eine verschiedene Höhe haben, je nachdem der Beobachter sich in der Richtung der Bewegung der Lamellen befand oder in der entgegengesetzten.

In die ersten Jahre nach der Aufstellung des Dopplerschen Prinzips fallen auch die sehr umfangreichen Beobachtungsreihen Sestinis, des beinahe einzigen treuen Anhängers Dopplers bei der Anwendung seines Prinzips auf die Farben der Sterne. Sestini glaubte, Farbenveränderungen an Doppelsternen konstatiert zu haben, die für die Richtigkeit der Dopplerschen Ansicht sprachen. Bei der Schwierigkeit derartiger Beobachtungen ist es klar, dafs diesen Resultaten keine Wichtigkeit beizulegen ist.

Bis zum Jahre 1852 war ein ernstlicher Einwurf gegen die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips nicht erhoben worden; dann aber meldete sich Petzval und suchte in einer Reihe von Abhandlungen die Unrichtigkeit des Prinzips theoretisch zu begründen. Petzval hat ohne Zweifel eine übertrieben hohe Meinung von der Allgewalt mathematischer Forschung, im speziellen wohl seiner eigenen, gegenüber praktischer Wissenschaft gehabt. Er unterscheidet dementsprechend zwischen einer kleinen und einer grofsen Wissenschaft. Zur ersteren rechnet er z. B. die Auffindung der Kepplerschen Gesetze, zur andern nur „die riesigen Denkmethoden der mathematischen Wissenschaft.“ Er wirft Doppler vor, dafs man unmöglich in einer Untersuchung von 8 Zeilen, allein basiert auf Gleichungen des ersten Grades mit einer Unbekannten, irgend etwas Nützliches ableiten könne. Ohne Anwendung von Differentialgleichungen könne man unmöglich in die „grofse Wissenschaft“ eintreten. Es wird gewifs niemand die eminente Bedeutung der mathematischen Methoden in den exakten Wissenschaften verkennen wollen; „aber auch die Differentialgleichungen können täuschen, wenn sie nicht mit richtigem Urteil interpretiert werden.“ Es ist ein eigentümlicher Hohn des Schicksals, dafs man die theoretischen Untersuchungen Petzvals eigentlich als einen der besten mathematischen Beweise für die Richtigkeit des Dopplerschen Prinzips betrachten kann. Auch Petzval selbst scheint dies schliefslich eingesehen zu haben, wenngleich ein falscher Stolz ihn dies nie hat direkt eingestehen lassen; aber er giebt in einer seiner letzten Untersuchungen wenigstens zu, dafs man aus der Undulationstheorie keine Aufklärung über die schwebende Frage erlangen könne.

Die Verteidigung Dopplers ist in diesem Streite im Gegensatze zu seiner Verteidigung der Theorie der Sternfarben eine durchaus sachgemäfse und richtige. Er wirft Petzval mit Recht das völlige Ignorieren der experimentellen Bestätigung bei Tonschwingungen vor und erklärt schliefslich, so lange nicht mehr in die Kontroverse eintreten zu können, bis Petzval diese praktischen Beweise nicht wider-

legt habe. Doppler wurde übrigens in seiner Verteidigung eifrig und geschickt durch v. Ettinghausen unterstützt. Mach nimmt in der Streitfrage eine Mittelstellung ein. Seiner Ansicht nach ist das Dopplersche Prinzip zweifellos richtig, während allerdings seiner Ableitung durch Doppler kein beweisender Wert beizulegen ist. Andererseits läfst er den theoretischen Untersuchungen Petzvals volle Gerechtigkeit widerfahren, er sieht in ihnen eine Bestätigung des Dopplerschen Prinzips, ohne dafs sie indessen eine vollständige Lösung des Problems geben. Mach hat ebenfalls eine sehr geistreiche experimentelle Bestätigung des Prinzips für Tonschwingungen gegeben (1860) und macht darauf aufmerksam, dafs in dem Spektrum der Sterne zweierlei Linien vorhanden seien; die einen, die dem Stern angehörten, müfsten relative Verschiebung zeigen, gegen die anderen, welche erst in unserer Atmosphäre entstehen. Dieser Gedanke ist später durch Cornu in geschickter Weise praktisch verwertet worden, um im Sonnenspektrum die Linien unserer Atmosphäre von den eigentlichen Sonnenlinien zu trennen.

Die äufserst weitschweifigen und wenig Bedeutung besitzenden Argumente, welche van der Willigen gegen das Dopplersche Prinzip erhoben hat, können hier übergangen werden, nicht aber so diejenigen von Klinkerfues. Das Dopplersche Prinzip besagt ausdrücklich, dafs mit einer Verlängerung oder Verkürzung der Schwingungsdauer gleichzeitig auch eine solche der Wellenlänge verbunden ist. Hiergegen aber wendet sich Klinkerfues, indem er annimmt, dafs durch eine Bewegung der Lichtquelle oder des Beobachters wohl die Dauer der Schwingung geändert wird, nicht aber gleichzeitig die Länge der Welle; mit der Änderung der Farben müsse also auch eine Änderung der Lichtgeschwindigkeit eintreten. Es ist später von Ketteler gezeigt worden, dafs der Fehler in den Argumentationen von Klinkerfues auf der Nichtbeachtung des Prinzips der lebendigen Kraft beruht.

Bis zum heutigen Tage ist es noch nicht gelungen, einen wirklich einwurfsfreien mathematischen Beweis für das Dopplersche Prinzip zu erbringen. Man hat den Einflufs, den die Bewegung der Schwingungsquelle in dem schwingenden Medium auf die Quelle selbst ausübt, noch nicht berücksichtigen können, und es müssen die Formeln immer auf Hypothesen aufgebaut werden, die zwar sehr plausibel sein können, aber doch immer Hypothesen bleiben. Dafür haben die experimentellen Beweise für die Messung der Linienverschiebung bei coelestischen Objekten einen derartigen Umfang und eine solche Sicherheit in den letzten Jahren erfahren, dafs irgend ein Zweifel

an der Anwendbarkeit des Dopplerschen Prinzips auf die im Weltall vorkommenden Geschwindigkeiten nicht mehr vorhanden ist. Wenn es im Jahre 1879 auch noch möglich war, dafs die Belgische Akademie der Wissenschaften eine Arbeit des Astronomen Spée, die sich gegen das Dopplersche Prinzip richtet, mit einem Preise krönen konnte, so dürfte dies heute ausgeschlossen sein.

Wenn man den wissenschaftlichen Wert Dopplers allein nach den über sein Prinzip von ihm veröffentlichten Schriften charakterisieren wollte, so würde das Urteil durch seine anderen Arbeiten keine wesentlichen Modifikationen mehr erfahren können. Doppler war zweifellos ein genialer Mann, reich an Ideen, die dem Standpunkte seiner Zeit manchmal weit vorausgingen. Ganz im Gegensatze zu seinem persönlich schüchternen, fast ängstlichen Wesen stellte er nicht blos diese Ideen auf, sondern verfolgte und verfocht sie eventuell bis zu ihren äufsersten Konsequenzen. Und hierbei ist er vor einem schweren Tadel nicht zu bewahren. In der Freude über die weitragenden Aussichten, die er an seine Ideen knüpfte, übersah er zuweilen Hindernisse ganz elementarer Natur, die die Anwendung seiner Ideen illusorisch machten. Ein einziges Beispiel, aus einer anderen Arbeit entnommen, möge genügen, dies zu bestätigen.

Im Jahre 1846 erschienen zwei zusammengehörige Abhandlungen Dopplers: 1. Methode, die scheinbaren Durchmesser sämtlicher Fixsterne im Bogenmafs zu bestimmen und 2. Gedanken über die Möglichkeit, die absoluten Entfernungen und absoluten Durchmesser der Fixsterne auf rein optischem Wege zu bestimmen.

In der ersten dieser Abhandlungen geht Doppler von der damals nicht unberechtigten Voraussetzung aus, dafs die Oberflächen aller Fixsterne die gleiche Strahlungsintensität besitzen, und dafs die Helligkeitsunterschiede nur auf ihrer verschiedenen Gröfse und Entfernung beruhen. Aus den Helligkeitsverhältnissen der Fixsterne lassen sich also die relativen scheinbaren Durchmesser ermitteln, und um diese Helligkeitsverhältnisse praktisch zu bestimmen, konstruiert Doppler ein äufserst einfaches, mit den geringsten Mitteln herzustellendes Photometer, welches zwar keine besondere Genauigkeit ergeben haben würde, gegen dessen Brauchbarkeit sich aber prinzipiell nichts einwenden läfst. Durch Vermittelung einer geeigneten künstlichen Lichtquelle wird dann der Anschlufs der Sternhelligkeit an unsere Sonne erreicht, und damit werden die scheinbaren Durchmesser der Fixsterne im Bogenmafs ermittelt. Eine Reihe von Schwierigkeiten, die sich hierbei bieten, werden zwar in etwas sanguinischer, aber sonst sachlicher Weise besprochen.

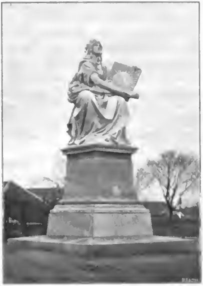
In der zweiten Abhandlung regt Doppler den Gedanken an, die Photographie, oder vielmehr damals noch Daguerreotypie, zur direkten Ermittelung der Fixsterndurchmesser zu verwerten. Er weist darauf hin, dafs die Struktur der Daguerreschen Platte eine aufserordentlich viel feinere sei, als die unserer Retina, so dafs also das im Fernrohre gewonnene Daguerresche Bild eines Sternes nachher im Mikroskop bei viel stärkerer Vergröfserung als direkt im Fernrohr betrachtet und gemessen werden kann. Auch hierbei werden einige sich bietende Schwierigkeiten, etwaige photographische Irradiation des Bildes und Mitführung des Fernrohres erwähnt und sachlich besprochen; aber die beiden wichtigsten Faktoren, die die ganze Methode völlig illusorisch machen, werden total vergessen: die Luftunruhe und vor allem die Lichtbeugung. Also 10 Jahre nach der Publikation der Schwerdtschen Untersuchungen über die Lichtbeugung im Fernrohre denkt Doppler nicht daran, dafs der Durchmesser eines Sternbildes im Fernrohr gar nicht von dem Durchmesser des Fixsternes, sondern allein von der Objektivöffnung abhängt. Doppler selbst giebt an, dafs der scheinbare Durchmesser der Fixsterne nur nach Hundertsteln der Bogensekunde zählen dürfte; das Beugungsbild eines solchen Sternes wäre bei den damaligen gröfsten Fernrohren über eine halbe Sekunde grofs geweeen.

Diese in seinen Arbeiten nicht allzuselten auftretende Schwäche darf uns aber nicht hindern, sein Genie zu bewundern. Weit voraussehend hat er geahnt, welcher Entwickelung die Anwendung der Physik auf die Astronomie fähig sein würde, und wie wunderbar, wenn auch etwas anders, als er es sich dachte, sind seine Worte in Erfüllung gegangen, die er bei Gelegenheit der Mitteilung der Seetinischen Beobachtungen über die Farben der Doppelsterne in der Sitzung der Wiener Akademie am 22. Januar 1852 aussprach:

„Ich lebe mehr als je der Überzeugung, dafs der Farbenschmuck, welchen das beobachtende Auge an den Doppelsternen und einigen anderen Gestirnen des Himmels bewundert, uns einstens wohl zu mehr als einer blofsen Augenweide, dafs er uns zu einer, wenn auch vielleicht fernen Zukunft dazu dienen werde, die Elemente der Bahnen von Himmelskörpern zu bestimmen, deren unermefsliche Entfernung uns nur noch die Anwendung rein optischer Hülfsmittel gestattet.“

Anmerkung der Redaktion. Die Fortsetzung des Aufsatzes von Prof. Koppe „Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz“ folgt im nächsten Heft.

Fabricius-Denkmal. Das den ostfriesischen Astronomen David und Johann Fabricius von der Naturforschenden Gesellschaft in Emden gestiftete Denkmal wurde am 13. November 1895 zu Osteel



Fabricius Denkmal.

eingeweiht. Der Vater, David Fabricius, hatte hier als Prediger gelebt, war Freund und Mitarbeiter von Tycho Brahe und Kepler an der Reformation der Sternkunde und entdeckte 1596 den ersten periodisch veränderlichen Stern Mira ceti im Walfisch. Durch die im Jahre 1611 erschienene Schrift des Sohnes Johann: „De maculis in Sole observatis narratio“ mufs diesem die Priorität der Entdeckung der Sonnenflecke zuerkannt werden, um die später Galilei und Scheiner einen heftigen Prioritätsstreit führten.

Das vom Bildhauer Rassau in Dresden geschaffene Denkmal steht auf dem Hügel des Osteeler Friedhofs, an dessen Fufs die Landstrafse und Eisenbahn von Emden nach Norden vorbeiführen. Die überlebensgrofse Göttin der Astronomie, von idealer Gestalt, ist auf hohem Sockel von eindruckevoller Wirkung. Im rechten Arm hält sie ein Fernrohr, im linken eine Tafel mit dem in Relief dargestellten Bilde der Sonne, die neben den flammenden Strahlen ihre Flecken zeigt. — Zur Feier hatte sich aufser den hohen Behörden eine zahlreiche Versammlung aus allen Teilen Ostfrieslands eingefunden. Nachdem der Gesang der vereinigten Liedertafeln unter Orchesterbegleitung beendet war, liefs Baurat Vofs unter Hinweis auf die Bedeutung der beiden Fabricius das Denkmal von der Hülle befreien, das der Ortsgeistliche mit einer Weihrede übernahm. Der Naturwissenschaftliche Verein zu Bremen liefs durch seinen Vertreter einen Lorbeerkranz mit Widmung am Denkmal niederlegen, und Professor Eggers sprach das Schlufswort, worauf unter dem Geläute der Kirchenglocken ein gemeinschaftlich gesungener Choral die erhebende Feier beendigte.

L. Häpke.

Zur Frage nach der Jupiterrotation.

Auf Grund der mannigfachen Ähnlichkeiten zwischen Jupiter und der Sonne und auch gestützt auf den schrägen Verlauf gewisser beobachteter Streifen in der Äquatorealzone des ersteren Himmelskörpers glaubte seiner Zeit Zöllner für diesen gröfsten Planeten ein ähnliches Rotationsgesetz annehmen zu müssen, wie es für die Sonne durch die Fleckenbeobachtungen erwiesen ist. Bald danach fand Lohse auf Grund genauer Diskussion aller vorliegenden, an Jupiter erfolgten Fleckenbeobachtungen eine Bestätigung der Vermutung, dafs die Rotation am Äquator wie bei der Sonne eine schnellere sei, als in gröfserem Abstande von demselben. Auf Jupiter wie auf der Sonne zeigen sich nun aber deutlich markierte Flecken in der Regel nur innerhalb zweier sich beiderseits vom Äquator nicht allzuweit erstreckenden Zonen. Hier wie da konnten sonach die gewöhnlichen Beobachtungen keinen Aufschlufs darüber geben, ob jene Verlangsamung der Rotation sich auch auf polare Gebiete erstrecke, für die sich bei Verallgemeinerung des empirisch für geringe Breiten gefundenen Rotationsgesetzes sehr beträchtlich längere Rotationsperioden ergeben würden. Bei der Sonne wurde die Entscheidung über das Verhalten der polaren Gebiete erst mit Hilfe der Anwendung des Dopplerschen Prinzips möglich, das

ja die entgegengesetzten Geschwindigkeiten am Ost- und Westrande, da dieselben in die Richtung der Gesichtslinie fallen, durch spektroskopische Linienverschiebungen zu bestimmen gestattet. Merkwürdigerweise sind jedoch auf diesem Wege zwei erfahrene Beobachter, Crew und Dunér, zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangt, indem ersterer für alle Breiten ziemlich gleiche Rotationsdauer, letzterer dagegen die durch Fleckenbeobachtungen für geringe Breiten bekannte Verlangsamung mit wachsendem Äquatorabstand bis in sehr hohe Breiten bestätigt fand. Brester versuchte in seiner 1892 bekannt gemachten „Sonnentheorie", diesen Widerspruch durch die Annahme zu lösen, dafs die von Dunér beobachteten Spektrallinien von Gasen stammen, die innerhalb der Photosphäre liegen, während Crewe Messungen an Linien vorgenommen wurden, die aller Wahrscheinlichkeit nach über der Photosphäre lagernden Atmosphärenschichten angehören. — Für Jupiter sind nun solche auf das Dopplersche Prinzip gegründete Untersuchungen der Rotation in höheren Breiten bis jetzt noch nicht ausgeführt worden, wohl aber zeigten sich im Jahre 1892 in der Nähe des einen Jupiterpoles streifenähnliche Bildungen, die von Stanley Williams auf Grund eigener Wahrnehmungen sowie auch photographischer Aufnahmen von der Licksternwarte neuerdings zur Rotationsbestimmung verwertet wurden. Es ergab sich hierbei im Mittel eine Rotationsdauer von $9^h\ 55^m\ 38^s,9 + 1^s,2$ für Breiten zwischen 40° und 85°. Aus Beobachtungen von scharfen dunklen Flecken geringerer Breiten hatte Ref. im Jahre 1891 die Rotationsperiode $9^h\ 55^m\ 38^s,5$ abgeleitet, und Denning findet neuerdings (1894—95) den mit der ersten Angabe noch besser übereinstimmenden Wert $9^h\ 55^m\ 39^s,0$. Danach würde sich die Lohsesche Feststellung langsamerer Rotation in höheren Breiten durch Stanley Williams nicht bestätigt finden. Vielleicht ist die Ursache dieser Abweichung indessen auch hier darauf zurückzuführen, dafs der von Stanley Williams benutzte Streifen in grofsen Höhen der wie ein fester Körper gleichförmig rotierenden Atmosphäre schwebte, während diejenigen Flecken, auf welche Lohse seine Angaben stützte, in einem tieferen Niveau innerhalb der, gewissen gesetzmäfsigen Strömungen unterworfenen, eigentlichen Planetenoberfläche ihren Sitz hatten. Gröfsere Schwierigkeiten ergeben sich für die Annahme einer sonnenartigen Rotation des Jupiter aus dem Umstande, dafs zwei von Stanley Williams im Jahre 1888 beobachtete, in 40° und 54° südlicher Breite gelegene Flecken sogar eine um fast 40 Sekunden kürzere Rotationsperiode von $9^h\ 55^m\ 0^s,9 + 0^s,97$ ergehen. —

Eine spektrographische Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit der äquatorealen Zone Jupiters ist übrigens jüngst von Belopolsky versucht worden. Es ergab sich dabei als durchschnittlicher Wert der Geschwindigkeit eines Äquatorpunktes: v = 11,42 km pro Sekunde, während schon eine Rotationszeit von 9^h 50^m unter Zugrundelegung der mikrometrischen Durchmesserbestimmungen des Jupiter 12 bis 13 Kilometer Geschwindigkeit für einen Punkt des Äquators ergeben würde. Wenn nun auch die spektrographische Bestimmung bei dem benutzten Instrument nicht für sehr genau gehalten werden darf, so scheint der doch fast 10 pCt. betragende Unterschied irgend eine Erklärung zu erheischen. Belopolsky ist geneigt, anzunehmen, dafs Refraktionswirkungen, wie sie von Schmidt in seiner bekannten Sonnentheorie als möglich erwiesen worden sind, den Durchmesser des Planeten vielleicht gröfser erscheinen lassen mögen, als er wirklich ist, wodurch ja dann natürlich auch die durch Rechnung aus der Umdrehungszeit abgeleitete Geschwindigkeit eines Äquatorpunktes zu grofs ausfallen müfste. F. Khr.

Zur Frage nach dem kosmischen Ursprung der Meteore liegt neuerdings eine verdienstliche Untersuchung v. Niessle[1]) vor, in welcher die Gesetze der Verteilung der kosmischen Ausgangspunkte der Meteore mit Rücksicht auf die Bewegung des Sonnensystems für die verschiedensten, denkbaren Fälle abgeleitet werden. — Es dürfte bekannt sein, dafs die Strahlungspunkte der Sternschnuppen auf derjenigen Halbkugel des Himmels zusammengedrängt erscheinen, welche den Zielpunkt der Erdbewegung zum Mittelpunkt hat, weil ein schnell bewegter Körper wie die Erde naturgemäfs von den in allen möglichen Richtungen den Weltraum durchkreuzenden Meteorkörperchen vorwiegend auf der vorangehenden Seite getroffen werden mufs. Für die helleren Meteore hat man nun durch genauere Berechnungen zumeist hyperbolische Bahnen um die Sonne ermittelt, die auf einen stellaren Ursprung dieser Körper hindeuten. Wenn dementsprechend die hellen Meteore als fremde Eindringlinge in das Sonnensystem zu betrachten sind, so sollte man, ähnlich wie bei den in die Erdatmosphäre von aufsen eindringenden Sternschnuppen, als Wirkung der Bewegung des von den fremden Körpern getroffenen Systeme eine ungleichmäfsige Verteilung der scheinbaren Ausgangspunkte der Meteore erwarten, sodafs die Mehrzahl derselben auf der durch das

[1]) Abgedruckt in Band LXII der Denkschriften der Wiener Akademie.

Sternbild des Herkules, den Zielpunkt der Sonnenbewegung, bestimmten Himmelshälfte sich finden müfsten. Jedoch sind hierbei die kosmischen Ausgangspunkte durchaus von den aus den Beobachtungen unmittelbar folgenden, sogenannten Radiationspunkten zu unterscheiden, da das Meteor in der Regel, ehe es mit der Erde zusammentrifft, bereits eine beträchtliche Richtungsänderung der ursprünglich beim Eintritt in das Sonnensystem vorhandenen Bewegung erfahren haben wird. Nur wenn die aus den berechneten Bahnen abgeleiteten Ausgangspunkte der Meteore die in Rede stehende Verdichtung nicht aufweisen sollten, könnte daraus ein Einwurf gegen die Annahme eines stellaren Ursprungs jener Massen entnommen werden. v. Niessl hat jedoch durch die oben angeführte Untersuchung nachgewiesen, dafs die Frage nach der Berechtigung eines solchen Einwurfs überhaupt durch blofse oberflächliche Überlegungen nicht erledigt werden kann, sondern eine strenge rechnerische Behandlung unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Fälle erheischt. Das Resultat der sorgfältigen Durchführung der Rechnung v. Niessls läfst sich kurz dahin zusammenfassen, dass die Existenz einer Verdichtung der Ausgangspunkte auf derjenigen Himmelshälfte, nach welcher sich die Sonne bewegt, allerdings mit Sicherheit auf einen stellaren Ursprung der meteorischen Massen schliefsen lassen würde, dafs jedoch durchaus nicht umgekehrt die Abwesenheit einer solchen Verdichtung ein Argument gegen jene durch die hyperbolische Bahnform angedeutete Vermutung sein kann. Denn es konnte eine ganze Reihe von nicht nur möglichen, sondern sogar wahrscheinlichen Annahmen über die Häufigkeit verschiedener Geschwindigkeiten und ursprünglicher, wahrer Bewegungsrichtungen gemacht werden, welche auf eine fast gleichförmige Verteilung der scheinbaren Ausgangspunkte (oder Aphele der Meteorbahnen) führen. Vor der Hand ist die Anzahl der uns mit einiger Sicherheit bekannt gewordenen Meteorbahnen indessen überhaupt noch viel zu gering, um die Frage, ob eine geringe Verdichtung der Ausgangspuukte auf der Seite des Sonnenapex vorhanden sei, zu verneinen. F. Kbr.

Zur Frage nach der Veränderlichkeit der Tageslänge hat sich kürzlich Prof. Deichmüller in bemerkenswerter Weise geäufsert.[1) —

[1] „Das Grundmafs der Himmelsmechanik", Sitzungsber. der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, abgedruckt in „Sirius", Bd. XXIX, Heft I.

Obgleich bei der Veränderlichkeit aller Dinge eine allmähliche Änderung der Rotationsgeschwindigkeit der Erde a priori zu erwarten steht, und obgleich wir sogar unter anderem in der Wirkung der Abkühlung sowie der durch Ebbe und Flut bedingten Reibungen, der zahlreichen nachweisbaren Massenverschiebungen und des beständigen Massenzuwachses des Erdkörpers durch meteorische Substanzen ganz bestimmte Ursachen anzugeben in der Lage sind, welche eine geringfügige Änderung der Umdrehungszeit unseres Planeten, zumeist in hemmendem Sinne, bedingen müssen, kennen wir doch kein Mittel, das uns einen direkten Nachweis besagter Schwankungen, die sich jedenfalls in sehr engen Grenzen halten dürften, gestattete. Unsere Uhren sind ja nämlich nichts anderes, als stets unvollkommen fungierende Modelle des sich täglich einmal um seine Axe drehenden Erdglobus und die Gleichförmigkeit ihres Ganges können wir nur an dem Mafsstabe jener gleichförmigsten von allen bekannten Bewegungen, die sich unseren Sinnen als scheinbare Drehung des Himmelsgewölbes zu erkennen giebt, kontrollieren. Es liegt daher auf der Hand, dafs wir am meisten Aussicht haben werden, etwaige Ungleichförmigkeiten des allen unseren Berechnungen zu Grunde liegenden Zeitmafses festzustellen, wenn wir aufserirdische, von der Erddrehung gänzlich unabhängige Vorgänge zum Vergleich heranziehen. Der erste, der dies gethan, indem er ein sonst unerklärliches kosmisches Phänomen durch die Hypothese einer allmählichen Verlangsamung der Erddrehung zu erklären versucht hat, war Newcomb. Aus dem Vergleich alter Finsternisnachrichten mit modernen Mondbeobachtungen hatte man nämlich im vorigen Jahrhundert eine sogenannte Acceleration der mittleren Mondbewegung entdeckt, die Laplace als eine Folge der Excentricität der Erdbahn erwiesen zu haben schien. Da wurde jedoch in diesem Jahrhundert durch die sorgfältigsten Rechnungen von Adams, Cayley und Delaunay festgestellt, dafs die Gravitationstheorie nur den halben Betrag jener Beschleunigung der Mondbewegung zu erklären vermag, und nun wies Newcomb darauf hin, dafs die Annahme eines Zurückbleibens unserer Zeit um nur 10 Sekunden im Jahrhundert, das eben durch eine für uns direkt unmerkliche Verlängerung des Tages verursacht sein kann, hinreichend sei, um die Theorie mit den Beobachtungsthatsachen in vollen Einklang zu bringen. Leider hat indessen die in allerneuester Zeit durch Todd und Newcomb selbst erzielte Vervollkommnung der Mondtheorie jenes schöne erste Ergebnis zerstört und zur Annahme sehr schwankender, zeitweilig sogar das Vorzeichen wechselnder Korrektionen unserer Zeit

genötigt, sodafs der von Newcomb eingeschlagene Weg zur Ermittlung des Gesetzes der Erdrotation nach Deichmüllers Ansicht als nicht zum Ziele führend aufgegeben werden mufs. Um ausreichendes Material für eine künftige Entscheidung dieser Frage zu schaffen, empfiehlt Deichmüller den mit kräftigen Instrumenten beobachtenden Astronomen aufs angelegentlichste systematische, mikrometrische Beobachtungen der Planetenmonde und photometrische Beobachtungen der Trabantenverfinsterungen. Da sich nämlich alle Eigentümlichkeiten der Erdrotation in den Umläufen der 20 Satelliten in derselben Weise wiederspiegeln müssen, so wird die Diskussion der über die Umlaufszeiten der verschiedenen Monde angestellten Beobachtungen voraussichtlich den Einflufs der Veränderlichkeit der Tageslänge erkennen und von den in jedem einzelnen Falle verschiedenen, besonderen Unregelmäfsigkeiten der Trabantenbewegungen sondern lassen. Wir möchten den Deichmüllerschen Vorschlägen auch noch denjenigen recht ausdauernder Bestimmungen der Lage der, soweit bekannt, ihren Ort nicht ändernden Flecken des Mars hinzufügen, da dieselben für den vorliegenden Zweck doch gewissermafsen die Stelle eines ungestört sich bewegenden Trabanten vertreten können, wenngleich natürlich hier wieder die uns gleichfalls unbekannte Veränderlichkeit der Rotationszeit des Mars eine neue Komplikation mit sich bringt.

F. Kbr.

Die „Internationale Erdmessung".

Die Aufmerksamkeit der gebildeten Welt ist in letzter Zeit mehrmals auf diese Vereinigung von Gelehrten fast aller zivilisierten Länder gelenkt worden. Eine ernste Feier in den Räumen des grofsartig angelegten und eingerichteten Königl. Preufsischen Geodätischen Instituts auf dem Telegraphenberge bei Potsdam, das gleichzeitig das Zentralbüreau der Internationalen Erdmessung bildet, und eine Generalkonferenz der Delegierten fast aller zur Erdmessungskonvention gehörigen Länder in Berlin, die im neuen Reichstagsgebäude tagte, gaben der Welt wieder einmal laute Kunde von der sonst so stillen, aber um so fruchtbareren und erfolgreicheren wissenschaftlichen Thätigkeit dieser weitreichenden Gesellschaft, in deren Dienst sich so viele bedeutende Männer der verschiedensten Nationen gestellt haben.

Es war am Ende des Jahres 1894, als auf dem Telegraphenberge bei Potsdam in der Gedenkhalle des Königl. Geodätischen Instituts eine weihevolle Feier des hundertjährigen Geburtstages des erst 1885

in dem hohen Alter von 90 Jahren verstorbenen Generallieutenants Dr. J. J. Baeyer stattfand.

In Vertretung des Kaisers war Prinz Friedrich Leopold bei dem Weiheakt anwesend, der dem Gedächtnis des berühmten Begründers der Internationalen Erdmeseung und früheren Präeidenten dee Königl. Geodätisohen Instituts galt. Neben dem Minieter Dr. Boeee waren höhere Beamte, Gelehrte und Militärs in grofeer Zahl erschienen. Nach einleitendem Gesang des stimmungevollen Niederländischen Dankliedes: „Wir treten zum Beten" eohilderte der Naohfolger Baeyere, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Helmert, in einer Festrede das Leben und Wirken des Verewigten, aue der wir nur folgende Sätze über die weitere Entwiokelung des Lebenswerkes des Generale Baeyer hervorheben wollen:[1])

„Seit dem Hinecheiden des Generale Baeyer eind nunmehr neun Jahre verflossen. In dieser Zeit hat eich die von ihm geschaffene Organisation nicht nur noch mehr ausgebreitet, — sie führt jetzt den Namen Internationale Erdmessung — eondern es konnten auch bereits aue den Beobachtungen der ersten Jahrzehnte ihres Bestehens wertvolle Ergebnisse für die Gestalt der Erdoberfläche in Mittel-Europa, sowie für die Verteilung der Massen in der Erdkruete in Deutschland, den Alpenländern, Italien und dem Kaukasue abgeleitet werden. Dioeen zum Teil ane Wunderbare streifenden Aufsoblüssen über den Aufbau der Erdkruete stollen sioh die Entdeokung der Veränderung der geographisohen Breiten und die Erforschung der Höhenlage der Meere als Errungenechaften an die Seite, deren Bedeutung weit über den Rahmen geodätischer Forschung hinausreicht.

Ohne Zweifel hat das Problem der Figur der Erde die Kraft, fördernd auf weitere Kreise der Wissenschaft zu wirken, noch in demselben Mafee wie vor Jahrtausenden im Altertum und wie dann später in der Zeit von Newton bis Laplace, wenngleich durch den allgemeinen Aufschwung der Naturwissenschaften dies gegenwärtig weniger wie früher hervortritt."

Es folgte eine Ansprache des Generallieutenants Ferrero, der durch eeine Anweeenheit der Feierliohkeit, welche in dem Geeang des Pilgerchors aus dem Tannhäueer ihren Abschlufs fand, eine internatio-

[1]) Nach dem Bericht: „Feier des hundertjährigen Geburtstages des verewigten Generallieutenants Dr. J. J. Baeyer, Excellenz, in der Gedenkhalle des Königlichen Geodätischen Instituts auf dem Telegraphenberge bei Potsdam am 5. November 1894."

nale Bedeutung verlieh. Ferrero ist Vizepräsident der Permanenten Kommission der Internationalen Erdmessung, an deren Spitze der hochbetagte, den Lesern dieser Zeitschrift sicher wohlbekannte französische Astronom Faye steht. Es dürfte von Interesse sein, den bisherigen Lebensgang jenes Gelehrten näher zu verfolgen, von dem der Bericht sagt: „General Ferreros Anwesenheit war um so bemerkenswerter, als er es gewesen ist, welcher stets am energischten für die Durchführung der Baeyerschen Anschauungen von dem Werte genauer Landesvermessungen für Wissenschaft und Praxis eingetreten ist, und welcher demgemäfs die gesamten geodätischen Messungen in seinem Vaterlande so einheitlich streng organisiert und durchgeführt hat und noch durchführt, dafs sie nicht allein den höchsten wissenschaftlichen Anforderungen genügen, sondern auch — und das ist wesentlich an den Baeyerschen Ideen — die sichere Grundlage für die Messungen des praktischen Lebens bieten, z. B. für die Zwecke des Eisenbahn- und Kanalbaues, für die Zwecke der Steuer- und Katasterverwaltung, für Agrikultur- und Forstvermessung u. dergl. mehr."

Am 8. Dezember 1839 wurde Ferrero in Turin geboren. Schon in der Jugend zeigte er bedeutende Anlagen für das mathematische Studium, das er dann auch als Student auf der Turiner Universität ergriff. Nach glänzender Absolvierung des Studiums wandte er sich im Jahre 1857 der militärischen Laufbahn zu, da in den jungen italienischen Gemütern damals die Gedanken an Befreiung und Einigung Italiens schon heftig gährten.

Auf der Militärakademie zu Turin vollendete er seine Studien, worauf er 1859 zum Genieoffizier ernannt wurde. Im nächsten Jahre hatte Ferrero bereits Gelegenheit, sich kriegerisch auszuzeichnen, indem er als Adjutant des bekannten Generals Menabrea an den Belagerungen von Ancona, Capua und Gaëta teilnahm. Mit besonderer Anerkennung seiner Verdienste wurde er zum Hauptmann befördert, und im Jahre 1864, gerade als Italien der Europäischen Gradmessung beitrat, wurde er im Hinblick auf sein wissenschaftliches Fortarbeiten auf mathematischem und geographischem Gebiet in den Generalstab berufen. Nach dem Feldzug von 1866 wurde er zum Major befördert.

Von nun an widmete er sich ganz dem Studium, dem er nach seiner Berufung an das Militär-geographische Institut in Florenz dauernd obliegen konnte. Dort entwickelte er eine aufserordentlich fruchtbare wissenschaftliche und organisatorische Thätigkeit. Mit Baeyer trat er zuerst in nähere Berührung, als er im Jahre 1875 zum

Königl. Preufsischen Geodätischen Institut abgeordnet wurde. Die Leitung des Militär-geographischen Instituts in Florenz wurde ihm 1885 übertragen. Auf dem Gebiete der reinen Geodäsie, der Topographie und Geographie hat er in dieser Stellung Grofses geleistet. Es sei an die italienischen Generalstabskarten im Verhältnis 1 : 100 000, an die Generalkarte im Mafsstab 1 : 500 000 erinnert, deren meisterhafte Ausführung allgemein anerkannt wird. Sein spezielles Verdienst ist auch die Anwendung und Durchbildung der photographischen Methode bei der italienischen Landesvermessung (Photogrammetrie).

Als im Jahre 1886 in Italien eine neue, allgemeine Katasteraufnahme beschlossen wurde, wurde Ferrero zur Leitung dieses Riesenwerkes berufen. Hier konnte er sich so recht als Organisator zeigen; in kurzer Zeit gelang es ihm, in ganz Italien die dazu nötigen Einrichtungen zu schaffen, sodafs das Werk überall raschen und sicheren Fortgang nahm.

Von aufserordentlicher Bedeutung ist die Wirksamkeit des Generals Ferrero als Mitglied der Internationalen Erdmessung, bei deren Tagungen er in den Haupt-, wie in den Kommissionssitzungen eine hervorragende Thätigkeit entwickelt hat. Als 1885 der Begründer der Mittel-Europäischen Gradmessung, der jetzigen Internationalen Erdmessung, General Baeyer starb, hat Ferrero wesentlich durch seinen persönlichen Einflufs dazu beigetragen, dafs das Werk jenes Mannes nach seinem Tode nicht an nationaler Eitelkeit und Empfindlichkeit zu Grunde ging, sondern dafs es vielmehr weiter ausgebaut und vertieft wurde. Abgesehen von der Leitung der Arbeiten der ihm unterstellten Behörden und Institute hat Ferrero auch viele eigene wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, als deren Grundzug wohl strenge Wissenschaftlichkeit und mathematische Exaktheit zu bezeichnen ist. Natürlich hat es diesem Manne nicht an mannigfaltigen Ehrenbezeugungen auch von Seiten der wissenschaftlichen Welt des In- und Auslandes gefehlt.

Mitte vorigen Jahres wurde Ferrero von seiner Regierung auf eines der höchsten italienischen Staatsämter berufen, indem er zum Botschafter des Königsreichs Italien in London ernannt wurde. Aber auch in dieser hohen diplomatischen Stellung bekundet er weiter sein Interesse an dem grofsen internationalen Friedenswerke der Erdmessung. —

Vor wenigen Monaten, in den Tagen vom 30. September bis zum 12 Oktober, trat die III. Generalkonferenz der Internationalen Erdmessung in Berlin im neuen Reichstagsgebäude zusammen. Der

preufsische Kultusminister Dr. Bosse eröffnete die Konferenz, die neben den laufenden Arbeiten geschäftlicher Natur, sowie der Entgegennahme der wissenschaftlichen Berichte des Direktors des Zentralbüreaus, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Helmert, der Delegierten der einzelnen Länder und der für die Untersuchung spezieller Fragen früher eingesetzten Kommissionen vor die wichtige und schwierige Aufgabe gestellt war, einen Entwurf für die Erneuerung des Internationalen Vertrages auf weitere 10 Jahre auszuarbeiten. Von den 28 Staaten, die der Vereinigung angehören, waren 17 durch Delegierte vertreten. Es seien nur einige ausländische Delegierte erwähnt: der greise Präsident der Permanenten Kommission H. Faye, der Direktor der Sternwarte in Leyden Prof. Dr. van de Sande-Bakhuyzen, der Oberst von Sterneck aus Wien, Prof. Dr. Tisserand aus Paris, Prof. Rosén aus Stockholm u. a. Der Vorsitz war dem Direktor der Berliner Sternwarte Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Förster übertragen.

Aus den interessanten Berichten und Diskussionen ergab sich das erfreuliche Resultat, dafs in fast allen der Konvention angehörenden Ländern, besonders aber im Zentralbüreau der Internationalen Erdmessung in Potsdam eine eifrige Thätigkeit herrscht, um die vielen Probleme, die die Frage nach der Gestalt der Erde entrollt, einer baldigen und gründlichen Lösung, soweit dies der heutige Stand der Wissenschaft zuläfst, entgegenzuführen.

Als Grundlage aber zu einer neuen Konvention zwischen den beteiligten Regierungen gelangte nach längeren Diskussionen schliefslich einstimmig ein Entwurf zur Annahme, der auf einer gegen den bisherigen Zustand wesentlich veränderten Organisation beruht. Bisher wurde nämlich die Internationale Geodätische Vereinigung von 28 Staaten einerseits durch eine Permanente Kommission von 12 in der Generalkonferenz gewählten Mitgliedern, andererseits durch das Zentralbüreau repräsentiert, das mit dem Königlich Preufsischen Geodätischen Institut in Potsdam-Berlin unter der weitblickenden und unermüdlichen Leitung seines allgemein persönlich beliebten und in seiner hohen wissenschaftlichen Bedeutung anerkannten Direktors Prof. Dr. Helmert organisch verbunden ist. In letzterer Beziehung soll in Zukunft keine Änderung eintreten. Die Permanente Kommission soll dagegen in Zukunft erweitert werden, indem die Regierungen je einen Vertreter zu derselben delegieren. Die laufenden Geschäfte sollen aber von einem Ausschufs von 4 Mitgliedern geführt werden, bestehend aus Präsidenten, Vizepräsidenten, ständigem Sekretär der

Internationalen Erdmessung und dem Direktor des Zentralbüreaus. Zum Präsidenten auch nach dieser neuen Organisation wurde für den Fall der Ratifizierung des Entwurfs durch die Regierungen wieder Faye, zum Vizepräsidenten Ferrero gewählt, der hoffentlich auch jetzt noch in der Lage sein wird, zum Segen der Entwickelung der Geodäsie sein eminentes Können und Wissen in den Dienst der Wissenschaft zu stellen. St.

Nordpol-Expedition im Luftballon.[1])

Die Vorbedingungen zu einer Ballon-Expedition nach dem Nordpol seien im Folgenden kurz angegeben:

1. Der Ballon mufs drei Personen in sich aufnehmen können, aufserdem alle Beobachtungs-Instrumente, für 4 Monate Lebensmittel und den Ballast, im ganzen also eine Tragfähigkeit von ungefähr 3000 kg besitzen.

2. Er mufs so dicht sein, dafs er sich 30 Tage in der Luft halten kann.

3. Die Füllung mufs in der kalten Zone vorgenommen werden können.

4. Der Ballon mufs einigermafsen lenkbar sein.

Diese sämtlichen Bedingungen sind nicht unerfüllbar. — —

Für die Pariser Ausstellung im Jahre 1878 hatte Henri Giffard einen Fesselballon konstruiert, welcher 36 m Durchmesser und 245000 cbm Inhalt hatte. Die Tragfähigkeit dieses Ballons betrug 12000 kg, und so sind seit Giffard noch zahlreiche Ballons mit bedeutend gröfserer Tragfähigkeit, als für einen Ballon zur Polarfahrt erforderlich wäre, hergestellt worden. Eine Nachfüllung des Giffardschen Ballons wurde erst nötig, als derselbe schon über 1 Jahr im Gebrauch war, und Poiseuille und Graham haben experimentell bewiesen, dafs ein Ballon von 8 m Durchmesser so undurchlässig sein kann, dafs er im Laufe eines Monats nur etwa 6 kg seiner Tragfähigkeit einbüfst. Vergleicht man nun diesen Verlust an Tragfähigkeit oder den Gasverlust mit der Oberfläche des Ballons, so würde sich derselbe bei einem Polarballon von 23 m Durchmesser in 30 Tagen etwa nur auf 50 kg belaufen, woraus sich leicht ersehen läfst, dafs auch selbst bei gröfserem Verlust die zweite Bedingung noch erfüllt wäre.[2])

[1]) Aus dem Französischen übersetzt nach: S. A. Andrée, Comptes Rendus, Band CXX No. 18.

[2]) Diesen Erwägungen trat Tissandier in der nächsten Sitzung der Pariser

Nun kommen wir zum dritten Erfordernis.

Die militärische Luftschiffahrt hat den Bau von transportablen Wasserstoffentwickelungs-Apparaten nötig gemacht, deren Handhabung einfach und deren Preis mäfsig ist. Mit Hilfe eines solchen Apparates kann man in der Stunde 150—200 cbm Gas erzeugen, und ein Ballon von der gewünschten Gröfse würde in ungefähr 40—50 Stunden gefüllt sein. Die Füllung müfste in einem provisorisch errichteten Schuppen stattfinden, wo der Ballon vor Wind geschützt ist und auch eine in Stärke und Richtung günstige Luftströmung abwarten könnte.

In Bezug auf unsere vierte Vorbedingung, betreffend die Lenkbarkeit des Ballons, habe ich Experimente angestellt, deren Ergebnis der schwedischen Akademie der Wissenschaften vorliegt. Im Folgenden sei kurz das Prinzip angegeben: Der Ballon ist mit einem verstellbaren Segel versehen und mit einem oder mehreren Schlepptauen, welch' letztere den Zweck haben, den Gang des Ballons derart zu verlangsamen, dafs der Unterschied zwischen der Schnelligkeit des Windes und der des Ballons von dem Segel ausgenutzt werden kann, um den Ballon aus der Windrichtung abzulenken. Mit Hilfe einer solchen Lenkvorrichtung erreichte ich bei meinem Ballon durchschnittlich bis 27° Abweichung, in einigen Fällen sogar bis beinahe 40°.

Der Hauptzweck der Expedition wird die Erforschung der Polarregion sein, soweit dies irgend möglich ist. Sie soll im Sommer 1896 von Europa abgehen,[3]) um Mitte Juni die nordöstlich von Spitzbergen gelegenen norwegischen Inseln zu erreichen; auf einer dieser Inseln wird der zur Füllung des Ballons bestimmte Schuppen errichtet werden. Das Gleichgewicht des Ballons mufs derart geregelt sein, dafs er sich in einer mittleren Höhe von 250 m über dem Erdboden hält, d. h. also unter der niedrigsten Wolkenschicht, aber doch über den Nebeln der Erdoberfläche.

Der Aufstieg ist auf Mitte Juli festgesetzt, wofern es die Klarheit der Luft und frischer Südwind gestatten, denn letzterer allein er-

Akademie entgegen, indem derselbe darauf hinwies, dafs schon die täglichen Temperaturschwankungen beträchtliche Gasverluste infolge der Ausdehnung am Tage bedingen, und dafs deshalb auch der Giffard'sche Ballon fast täglich habe nachgefüllt werden müssen. Immerhin dürfte dieser störende Umstand bei einer arktischen Ballonfahrt vielleicht von geringer Bedeutung sein, da die Temperaturschwankungen des immerwährenden Tages in gröfserer Höhe sehr unbedeutend sind und geringe Verluste durch Auswerfen von Ballast wett gemacht werden können. Anm. d. Uebers.

[3]) Wie wir hören, sind die Kosten im Betrage von 130000 Kronen in Stockholm privatim aufgebracht worden. Anm. d. Uebers.

möglicht es dem Ballon, schnell in unbekannte Regionen und in der Richtung des Pols vorzudringen. Gleichzeitig mit den geographischen, sollen auch physikalische und meteorologische Beobachtungen angestellt werden, zu welchem Zweck die Expedition mit allen erforderlichen Instrumenten versehen sein wird. Auch photographische Apparate wird dieselbe mitführen, denn da es bei dem meist schnellen Gange des Ballons unmöglich ist, die durchlaufenen Gegenden in gewöhnlicher Weise aufzuzeichnen, so können die kartographischen Aufnahmen nur mit Hilfe der Photographie ausgeführt werden, wozu die beständig leuchtende Sonne besonders günstig ist. Dieselbe gewährt neben steter Helligkeit auch noch den Vorzug, dafs weder die Temperatur der Luft noch die des Ballons grofse Schwankungen erleidet, welche zu merkbaren Änderungen des Auftriebes führen würden. Die niedrigste Temperatur am Kap Thordsen (Spitzbergen) im Juli 1883 betrug 0,8°, und die höchste 11,6°; das mittlere Minimum eines Julitages 2,2° und das Maximum 8,2°.

Ein anderer Vorteil für die Polarreisen besteht in der Vegetationslosigkeit des Terrains, da dieser Umstand den Schlepptauen ein leichtes ruhiges Gleiten gestattet, wodurch der Ballon vor Erschütterungen bewahrt bleibt; dies ist von grofser Wichtigkeit für die photographischen Aufnahmen sowohl, als für alle Beobachtungen mit den Sextanten, den Anemometern, den Nivellier-Instrumenten u. a. m. Ein anderer günstiger Umstand ist der vollständige Mangel gefährlicher elektrischer Entladungen in den polaren Gebieten. Die atmosphärischen Niederschläge sind ganz unbedeutend, wie sich dies aus Beobachtungen schwedischer Expeditionen in Spitzbergen ergab; die Summe der gesamten Niederschläge im Juli betrug nicht mehr als 6,8 kg auf den Quadratmeter.

Auch von den Stürmen ist nichts zu fürchten, da diese im Juli verhältnismäfsig selten sind. Beobachtungen der schwedischen Expedition 1882—1883 ergaben übereinstimmend mit auf Fodt-Conger von amerikanischer Seite gemachten Feststellungen, dafs die mittlere Geschwindigkeit des Windes im Monat Juli ungefähr 3,8 m in der Sekunde betrug, und dafs das Maximum nie 16,8 m überstieg.

Aus dem Gesagten ist leicht ersichtlich, dafs eine Ballonreise über den polaren Regionen nicht nur möglich ist, sondern dafs vielerlei Umstände diese Art des Vordringens ungemein begünstigen.

Die Thatsachen beweisen, dafs einem Ballon die Möglichkeit geboten ist, weit in die Polarregion einzudringen, dafs er sich genügend lange Zeit in der Luft halten kann, um den Forscher hin und auch wieder

zurückzuführen, und endlich, dafs viele Eigenheiten der arktischen Zone, die bisher dem Vordringen der Forscher besondere Schwierigkeiten entgegensetzten, einer Ballonfahrt gerade sehr günstig sind.

Es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs eine Ballonfahrt in wenigen Tagen unsere geographische Kenntnis der Polarregionen mehr bereichern wird, als es sonst Jahrhunderte gethan hätten. F. Kbr.

Über die Auslese in der Erdgeschichte

betitelt sich ein Vortrag, den Prof. J. Walther in Jena entsprechend den Bestimmungen der Ritterschen Stiftung für phylogenetische Zoologie gehalten hat; der bekannte Gelehrte entwickelt darin eine Reihe von sehr hübschen Gedanken, über die wir im Folgenden berichten wollen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs die palaeontologische Überlieferung aufserordentlich lückenhaft ist, aber es sind bislang nur wenige Versuche gemacht worden, die Gesetzmäfsigkeiten dieser Lückenhaftigkeit zu bestimmen. Wenn wir den Boden der heutigen Meere und die auf ihm sich bewegende Lebewelt betrachten, so sehen wir allenthalben im flacheren Meere eine ungeheure Mannigfaltigkeit von Krebstieren; aber die Reste derselben sind sowohl in älteren wie in ganz jugendlichen Ablagerungen eine aufserordentliche Seltenheit. Die abgestorbenen Reste der Crustaceen fallen einer sehr schnellen, gründlichen Zerstörung anheim, und nur der allerkleinste Teil gelangt in kaum noch kenntlichem Zustande zur fossilen Erhaltung. Wenn man also die Tierwelt einer früheren Periode nach der palaeontologischen Überlieferung betrachtet, so mufs man, auch wenn der direkte Befund dagegen zu sprechen scheint, den Reichtum an Krebstieren genügend mit berücksichtigen.

Ein anderes vortreffliches Beispiel liefern die Korallenriffe. Im lebenden Saumriffe des Roten Meeres spielen die meterhohen, fein verzweigten Stämme der Madreporen mit ihren weit ausgebreiteten, flachen Schirmen die dominierende Rolle, während die festen, kugeligen Formen der Gattungen Porites, Astraea u. a. dazwischen nur selten auftreten. Gerade umgekehrt ist aber das Verhalten in dem älteren, tieferen, fossil gewordenen Teile des Riffes oder in den durch jugendliche Hebungen landfest gewordenen Küstenriffen desselben Meeres. Hier überwiegen die massigen Formen so sehr über die spärlichen Madreporenreste, dafs sie als die Hauptriffbauer erscheinen. Der Grund liegt in der

aufserordentlich geringen Widerstandsfähigkeit der Schirmkorallen, deren Ästchen durch die Meeresbrandung zerbrochen und durch nagende Krebse zerstückelt werden, sodafs sie sich in feinen Kalksand verwandeln, der die Zwischenräume des Riffes ausfüllt. Auch hier liefert also der palaeontologische Befund ein falsches Bild von der Beteiligung der einzelnen Arten am Aufbau der Erdrinde.

Ähnliche Verhältnisse sind es, die den scheinbaren Reichtum der mesozoischen und kaenozoischen Zeit an riesigen Wirbeltieren bedingen. Betrachten wir aber die heutigen Verhältnisse, sehen wir, wie z. B. ein durch Jahrhunderte von Feldmäusen durchwühlter Acker nur wenige spärliche Knöchelchen dieser Tiere enthält, wie in einem von Hunderten von Krähen bewohnten Feldgehölze der Boden dort keine nennenswerten Knochen derselben enthält, so werden wir verstehen, dafs auch in älteren Formationen die massigen Reste gigantischer Tiere uns viel häufiger erhalten sind, als diejenigen der gleichzeitig mit ihnen lebenden kleineren Geschöpfe. Wir kommen daraus zu folgendem allgemeinen Schlusse: „die Zusammensetzung einer fossilen Fauna entspricht nicht dem einstigen tiergeographischen Bestande der betreffenden Lokalität, sondern ist verändert durch die Bedingungen ihrer geologischen Erhaltung“. So scheinen uns nun Arten häufig gewesen zu sein, die in Wirklichkeit selten waren, und die wirklich einst häufigen sind entweder gar nicht mehr oder nur in geringen Mengen vorhanden.

Auch in der zweiten Gruppe erdgeschichtlicher Dokumente, den Gesteinen, herrscht das Gesetz der Auslese, denn von den zahlreichen Ablagerungen, die unter unseren Augen sich bilden, wird nur ein Bruchteil zu einem festen Gesteine, welcher als solcher dauernd am Aufbau der Erdrinde sich beteiligt. „Überall beobachten wir, dafs die endgiltige Häufigkeit eines Gesteines weniger von der Intensität seiner Bildung abhängt, als von den Erhaltungsbedingungen des Klimas.“ Die Gesteinsbildung beginnt mit der Auflockerung und Zerstörung der Oberfläche schon vorhandener Gesteine, der Verwitterung; auch dieser Vorgang wird vom Gesetze der Auslese beherrscht, wofür Walther ein schönes Beispiel anführt. Am Adamspik auf Ceylon liegen in einem kleinen Thalkessel die berühmten Edelsteingruben, in denen die herrlichen Rubine und Saphire gewonnen werden. Dieselben waren ursprünglich höchst vereinzelte Gemengteile eines Granites, der durch das tropische Klima zersetzt und zerstört wurde. Der zerbröckelte Granitgrus wurde durch Jahrtausende von den Regenwassern in Schlammform fortgeführt, während die harten, unzerstörbaren Edel-

steine übrig blieben und einander immer näher rückten, bis schliefslich der gesamte Rubingehalt eines inzwischen gänzlich zerstörten Granitgebirges in dem kleinen Thalkessel zusammengedrängt war, der heute die Minen einschliefst.

In dem gebirgigen Wüstenlande zwischen dem Nil und dem Roten Meere ritt Walther stundenlang über eine Kalksteinhochebene, die gleichsam gepflastert erschien mit thalergrofsen, gelben Nummuliten, die aus dem Gesteine herausgewittert waren. Auffälliger Weise waren aber die Nummuliten im Gestein viel seltener, als auf seiner Oberfläche. Das Rätsel löste sich in folgender Weise: eine etwa 10 m mächtige Kalkbank, die zerstreute Nummuliten einschliefst, war durch physikalische Verwitterung in feine Gesteinssplitter aufgelöst, welche durch den Wind fortgeführt wurden. Infolge etwas gröfserer Härte (Verkieselung?) waren die Nummuliten nicht mit zerstört, blieben auf der Oberfläche der in Zerstörung begriffenen Gesteinsbank liegen und rückten so einander immer näher. Also auch hier eine mechanische Auslese und Anreicherung des Härteren.

Während in unserem Klima der niederfallende Schnee wieder fortschmilzt, bleibt er im polaren Gebiete liegen, häuft sich mehr und mehr an, bildet Firn und Eis und erzeugt vollständige geologische Schichten, welche organische Reste einschliefsen können, — also Gesteinsbildung infolge klimatischer Auslese. Das gleiche ist der Fall mit den Anhäufungen vegetabilischer organischer Substanz. Während in unseren Wäldern der alljährliche Laubfall sich nicht zu dicken Humusdecken anhäufen kann, während die reiche und üppige Flora der Tropengebiete durchaus keine nennenswerte Humifizierung des Bodens im Gefolge hat, ist im vegetationsarmen Polargebiete die Aufspeicherung von Pflanzensubstanz in Form von Torf eine ganz enorme. Dort wird infolge der hohen Temperatur die gesamte abgestorbene Pflanzenmasse oxydiert und kehrt in Gasform in die Atmosphäre zurück, — hier aber verlangsamen dieselben Umstände, welche die Bildung von Pflanzenfaser verringern, auch die Verwesung derselben, sodafs hier mächtige Torflager aus winzigen Pflanzen sich bilden können.

Während in regenreichen Zonen Salzlager nahe der Oberfläche nur da sich erhalten konnten, wo dieselben allseitig durch einen undurchlässigen Mantel von Thon vor dem Angriffe der lösenden Wasser geschützt waren, ist es im regenarmen Wüstengebiete gerade umgekehrt. Hier bleiben die durch Auslaugung dem verwitternden Gestein entzogenen Salzmengen an den Stellen zurück, wo die wasser-

armen Flüsse versiegen und überziehen den Boden mit einer Salzkruste. Und während sonst der Wind den austrocknenden und zerbröckelnden Thon in Staubform entführt, wird derselbe hier durch eine schützende Salzkruste erhalten.

Ein Ergebnis der Auslese ist auch das Vorherrschen des Quarzsandes in der Wüste. Der Granit zerfällt durch ewigen Wechsel von Erhitzung und Abkühlung zu einem Grus, in welchem durch physikalische und chemische Verwitterung der Feldspath und Glimmer zu feinen thonigen Stäubchen zerfällt, während der widerstandsfähigere Quarz in gröberen Stücken zurückbleibt. Nun kommt der Glutwind des Samum und fegt den Boden rein: in Form einer gewaltigen Wolke führt er die feinen thonigen Teile fort, während der Sand am Boden fortbewegt wird und sich zu gelben Wanderdünen anbäuft. Den feinen Staub aber empfangen weitentlegene Steppengebiete, die ihn zwischen zarten Grashalmen auffangen und mit der Zeit zu mächtigen Löfslagern aufschichten. So erscheint die geographische Verbindung der Wüsten mit Steppen und Prärien als das Resultat eines im Innern der Wüste begonnenen Ausleseprozesses.

Aber es sind nicht die Landbildungen allein, bei denen wir diese Auslese beobachten können. Von der Oberfläche unserer Meere rieselt ein ununterbrochener feiner Regen von winzigen Kalkschälchen zur Tiefe: es sind die Schalen der Globigerinen und anderer zierlicher Geschöpfe, die als Plankton an der Oberfläche leben. In der Nähe der Festländer aber sinken so viele feste Stoffe zu Boden, dafs die Kalkschälchen nur einen verschwindenden Bruchteil der entstehenden Sedimente ausmachen. In Tiefen von mehr als 5000 m aber fehlen sie ebenfalls, da das unter 4—600 Atmosphären Druck stehende Wasser hier den kohlensauren Kalk auflöst und nur einen roten Tiefseeschlamm übrig läfst. Dagegen bilden in Tiefen von 2—4000 m diese Kalkschalen ein Sediment über ungeheure Meeresräume hin, in welchem sie die dominierende Rolle spielen. Es ist eine natürliche Auslese, wenn ein und dasselbe Gebilde hier ein dünnes Häutchen roten kalkfreien Thones, dort eine mächtige Kalkbank bildet.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung fafst Walther folgendermafsen zusammen: „Überblicken wir nun von dem bisher gewonnenen Standpunkte das Thatsachenmaterial, mit welchem der Geologe Erdgeschichte treiben soll, so erkennen wir erstens, dafs die palaeontologische Überlieferung der Versteinerungen grofse Lücken zeigt. Allein diese Lücken sind nicht zufällig entstanden, sondern sie sind ein gesetzmäfsiges Produkt mechanischer Auslese. Die Seltenheit aller Vogelreste

in festländischen Gesteinen, die Seltenheit der Krebspanzer in marinen Ablagerungen, das Vorwiegen von gigantischen Riesentieren, das Fehlen von weichhäutigen Medusen und Nacktschnecken, entpricht nicht der historischen Aufeinanderfolge der Organismen. Ja sogar das relative Verhältnis der Arten und Gattungen in einer fossilreichen Ablagerung darf nicht als Ausdruck des einstigen Faunencharakters betrachtet werden. Der Palaeontologe mufs das Absterben der Tiere und Tierkolonien gründlich studiert haben, ehe er es unternimmt, die Tiergeographie eines geologischen Zeitabschnittes zu schildern.

Allein nicht minder lückenvoll ist die Reihe der lithologischen Überlieferung. Die Häufigkeit oder Seltenheit eines bestimmten Sedimentgesteins hängt weniger von den Bildungsumständen, als von den Bedingungen der Erhaltung ab. In Mitteleuropa finden wir Kohlenlager nur im Carbon und dann wieder viel später im Tertiär. Man hat häufig daraus den Schlufs gezogen, dafs in diesen beiden Zeitabschnitten die Vegetation Mitteleuropas eine reiche tropische Entfaltung gewonnen habe, und dafs hierdurch das historische Auftreten der Kohlenlager genügend erklärt sei. Unserer Ansicht nach aber sind seit dem Cambrium immer weite Strecken des Landes mit Wäldern und Moospolstern überdeckt gewesen, immer wurde Cellulose gebildet. Wenn uns in Europa Kohlenlager fast nur aus jenen beiden Formationen erhalten sind, so erblicken wir darin eine Wirkung der mechanichen Auslese. Es ist nicht zufällig, dafs Kohlenlager und Salzstöcke so selten, dafs Sandsteine und Thonschichten so häufig in dem Gefüge der Erdrinde auftreten. Immer sind von den neugebildeten Ablagerungen nur diejenigen erhalten geblieben, welche gegen die zerstörenden Einflüsse des Klimas geschützt, unangreifbar waren".

Zu einem interessanten Ergebnisse kommt der Verfasser, indem er die historische Entwicklung der organischen Welt mit derjenigen der Gesteine vergleicht. Er rechnet hierbei die vulkanischen Gesteine zu den alten, da dieselben aus Tiefen stammen, die von den Veränderungen der Erdoberfläche nicht berührt werden. Zu Beginn der kambrischen Periode wurde die Erdrinde aus Granit, Gneifs, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und ähnlichem gebildet, aus Gesteinen, die aus einer grofsen Mannigfaltigkeit von Mineralien, bald in grofsen Kristallen, bald in kleinsten Mikrolithen zusammengesetzt sind. Wenn wir damit die aus ihrer Zerstörung und Umlagerung hervorgegangenen jüngeren Gesteine vergleichen, so sehen wir, dafs unter dem Einflufs der mechanischen Auslese bedeutend einfacher zusammengesetzte Gesteine erzeugt werden. So entstanden aus dem Granit Bänke von

Quarzsandstein und Schichten aus durch Feldspath gebildeten Thonen, welche durch dünne Zwischenlagen feiner Glimmerblättchen geschieden sind. Die äufserst mannigfach zusammengesetzten vulkanischen Aschen der neapolitanischen Campagna werden von den Wassern des Volturno fortgeführt und in dem flachen Delta seiner Mündung in wunderbarer Weise sortiert. Dort wechseln dünne Schichten reinen, glänzenden Eisensandes mit grauen Zwischenlagen feinen Thonschlammes und mit dickeren Bänken zierlicher Sanidinfragmente. Aus einer olivinhaltigen Lava am Strande bei Torre del Greco, welche vom Meerwasser vollkommen zerstört wird, werden die grünen Olivinkristalle, indem sie der Lösung widerstehn, angereichert und erzeugen so am Strande wie am Meeresboden ein Lager von Olivingestein.

Aus den zahlreichen Salzen, die im Meere gelöst sind, werden durch die Radiolarien und Spongien die geringfügigen Mengen von Kieselsäure abgeschieden und in den Tiefen der Ozeane als zoogenes Sediment wieder abgelagert, und in noch viel gröfserem Umfange entstehen durch Ausscheidung des kohlensauren Kalkes durch Pflanzen und Tiere mächtige Lager von Kalkalgen, von Korallenkalk und von Muschelbänken; aber noch hat die Trennung der Mineraliengemenge damit ihr Ende nicht erreicht. In dem weifsen Kalkschlamme der Kreide wird durch zirkulierende Lösungen die Kieselsäure gelöst und in bizarrgeformten Feuersteinknollen lagenweise wieder abgesetzt, und nachdem das Gestein über den Meeresspiegel gehoben ist, branden an seinen steilaufragenden Wänden die Wogen, zerstören die Kreide, deren Kalkgehalt sich im Meere auflöst und am Strande bleiben die Feuersteine als reine Bänke zurück. So sehen wir auch die Gesteine nach einer bestimmten Richtung hin sich entwickeln und erkennen, dafs, während in der Phylogenie der Organismen die Auslese eine immer weitergehende Differenzierung erzeugt, in der Reihe der Sedimentgesteine aus komplizierten mineralischen Gemischen immer einfachere Gesteinstypen entstehen. Dr. K. Keilhack.

Bibliographisches

Eder, Dr. J. M.: Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1895. Neunter Jahrgang. Halle a/S., Wilhelm Knapp. 1895.

Schon äufserlich läfst der vorliegende neueste Jahrgang des vornehmsten Sammelwerkes für die Fortschritte der Lichtbildnerei das stetige Anwachsen der wissenschaftlichen und praktischen Bestrebungen auf dem Gebiete der Photographie erkennen; sein Volumen hat gegen die früheren Bände erheblich zugenommen. Wie früher folgt auf eine reiche Auswahl von Originalbeiträgen eine Übersicht der auf den einzelnen Gebieten der Photographie und Reproduktionstechnik in den Jahren 1893 und 1894 erzielten Fortschritte, nach den einzelnen Disziplinen geordnet.

Von den Originalabhandlungen von Interesse sei hier zunächst hervorgehoben ein kurzer, nur theoretisch bemerkenswerter Aufsatz von Ebert über die „ökonomischten Lichtquellen“, als welche Verfasser die sog. Kathodenstrahlen erkennt (S. 47). Zwei Abhandlungen beschäftigen sich mit Untersuchungen über die Lichtempfindlichkeit der Verbindungen einiger Metalle, wie Molybdän, Wolfram, Chrom, Vanadium, welche bisher nur wenig brauchbare Resultate ergaben (S. 24 und 65). Arbeiten über Theorie und Anwendung der Entwickler liegen vor von Andresen, welcher eine neue Reihe von Derivaten des Naphthalins in die Praxis einführen will und die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen Verbindungen genau angiebt. Interessant ist auch ein Aufsatz von Bredig, der die photographischen Entwickler in eine elektromotorische Skala bringt und ihre Eigentümlichkeiten aus diesem neuen Gesichtspunkte — gestützt auf Untersuchungen von Ostwald und Nernst — zu erklären sucht (S. 19), sowie ein Versuch der Gebrüder Lumière, das einfachste aromatische Derivat des Hydroxylamins als Entwickler zu benutzen (S. 62). Die aufserordentlich wichtige Frage nach der Bildung der Lichthöfe, sowie einer Erklärung der Solarisation im allgemeinen hat von Seiten Krone's eine eingehende und sehr gründliche Erörterung gefunden (S. 68), deren Resultate besonders für die Anwendung der Photographie in der Astronomie von Belang sind. Kapitän Abney zeigt in drei Aufsätzen (S. 123, 149, 174) experimentell, dafs das sonst allgemein als richtig angesehene Gesetz, nach welchem die Summe vieler auf einander folgender, sehr kleiner Expositionen gleichwertig ist mit der auf ein Mal vorgenommenen, entsprechend langen Exposition, nicht zutrifft, dafs vielmehr „für jede Platte eine Lichtintensität vorhanden ist, welche auf diese bei einer ganz bestimmten Exposition eine Maximalwirkung ausübt, und dafs nach jeder Seite hin von diesem Maximum die nutzbringend verwendete Energie abnimmt“. Die Frage nach der Ursache dieser merkwürdigen, für die Momentphotographie sehr wichtigen Erscheinung vermag Verfasser noch nicht zu beantworten, wie er überhaupt seine Untersuchungen

für noch nicht abgeschlossen erklärt. V. Schumann fährt in der Mitteilung der Resultate seiner sehr wichtigen und erfolgreichen Untersuchungen über die photographische Aufnahme der brechbarsten Strahlen, welche er in den früheren Bänden des „Jahrbuchs" begonnen, fort; interessant ist, dafs er als besonders geeignet für den gewünschten Erfolg Jodbromsilbergelatineplatten erkannte (S. 198). Eine ganze Reihe von Aufsätzen beschäftigt sich mit der Herstellung farbiger Lichtbilder. Für die Kenntnis der Strahlenfilter ist von besonderer Wichtigkeit eine Arbeit von Eder und Valenta über die Absorptionsspektra von farblosen und gefärbten Gläsern mit Berücksichtigung des Ultraviolett, als Auszug einer gröfseren Untersuchung der rühmlich bekannten Verfasser entnommen (S. 310); sie giebt eine umfangreiche Zusammenstellung der photographischen Eigenschaften der Gläser, wie sie für die Praxis sehr erwünscht sein dürfte. Über den Dreifarbendruck lieferten Arbeiten Wall (S. 36), Husnik (S. 242) und Eder (S. 329), während Neuhaufs (S. 186) seine sich an Lippmanns Arbeiten anschliefsenden Versuche der Aufnahme von Spektralfarben und der Projektion der erhaltenen Platten beschreibt. Über vielfarbige Projektion, die in der neuesten Zeit Selle durch Übertragen von Bildhäutchen auf einander bekanntlich sehr vervollkommnet hat, sind Abhandlungen von Wall (S. 34) und L. Vidal (S. 269) vorhanden; letzterer beschreibt ein von Jolly herrührendes neues Verfahren zur gleichzeitigen Aufnahme eines Objektes durch drei verschiedene Strahlenfilter auf einer Platte, welches, wenn es sich bewähren sollte, für die farbige Projektion bahnbrechend sein würde. Dasselbe beruht auf der Anwendung einer dreifarbig liniierten, resp. einer dreifarbig punktierten Rasterplatte bei der Aufnahme.

Der zweite Abschnitt des Buches beschäftigt sich naturgemäfs mehr mit der Praxis und den verschiedenen Anwendungen der Photographie. Es ist hier nicht der Platz, auf Einzelheiten einzugehen. Sehr brauchbar ist eine Übersicht der neuerdings konstruierten Objektive (S. 344) und Neuheiten an den Aufnahmeapparaten (S. 362), sowie der neueren Sensitometer und Photometer (S. 382). Unter den praktischen Anwendungen sei erwähnt das Referat von Spitaler (S. 306), die Aufnahme von Schneekrystallen durch Nordenskiöld, Sigson und Neuhaufs, von Blitzen, von Erschütterungen der Eisenbahngeleise, von fliegenden Geschossen (S. 443), von mikroskopischen Objekten (S. 209). Eine Fülle von neuen Rezepten dürfte dem Praktiker — natürlich zunächst nur zur Erprobung — willkommen sein. Unter den dem Bande angehängten Kunstbeilagen interessieren besonders eine Autotypie, welche mittelst Levye neuen Rasters (S. 551) hergestellt ist und aufserordentlich scharfe Zeichnung erkennen läfst; eine Reproduktion der drei Diapositive zu Ives' Photochromoskop, welche durch Vorschalten dreier verschiedenfarbiger Gläser zu einem Naturfarbenbilde vereinigt werden; eine Reproduktion der drei Farbeplatten sowie des Gesamtfarbendruckes eines Blumenstraufses; endlich Vergleichsdrucke einer und derselben Landschaft unter Anwendung verschieden starker Netzplatten (Raster). Alle diese Beilagen sind der sonstigen Ausstattung des aufs wärmste zur Anschaffung zu empfehlenden Bandes vollkommen angemessen. O. L.

O. Weidefeld: Elementare Rechnungen aus der mathematischen Geographie für Freunde der Astronomie. Berlin 1894. Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung. Gr. 8°. 64 S. und eine Figurentafel. Preis 2 M.

Die vorliegende kleine Schrift scheint der Rücksicht auf die Wünsche mancher Mitglieder der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik ihren Ursprung zu verdanken. Es wird darin der als gelungen

zu bezeichnende Versnch gemacbt, einfache Aufgahen aus dsr sphärischen Astronomie (mathematischen Geographie) unter Voraussetzung geringer Vorkenntnisse, nämlich der Operationen mit Logarithmen und den einfachen trigonometrischen Funktionen, zu lösen. Das Werkchen sei deshalh hier der Berücksichtigung empfohlen. Übrigens soll noch hemerkt werden, dafs der Verfasser sich einer Selbsttäuschung hingieht, wenn er in der Vorrede meint, dafs er der Lehren der sphärischen Trigonometrie nicht benötige, sondern für die Ableitung seiner Formeln mit den trigonometrischen Relationen zwischen den Seiten und Winkeln eines ebenen rechtwinkligen Dreiecks auskomme. Für den Kundigen ist sofort ersichtlich, dafs auf diese Weise, allerdings ohne direkten Hinweis, schliefslich die Grundformeln der sphärischen Trigonometrie selbständig abgeleitet werden. G. W.

Verzeichnis der vom 1. August 1895 bis 1. Februar 1896 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annuaire pour l'an 1896, publié par le bureau des longitudes. Avec des notices scientifiques. Paris, Gauthier-Villars et fils.

Annuaire pour l'an 1896, publié par la société belge d'astronomie. Tables et notices scientifiques. Illustré de figures, cartes et planches. Bruxelles, Institut national de géographie, 1896.

Balbi, Vittorio, Effemoridi del Sole e della Luna. Per L'orizzonte di Torino e per L'anno 1896. Torino, C. Clausen, 1895.

Bölscho, W., Entwicklungsgeschichte der Natur, Band I und II. Hausschatz des Wissens, Abteilung I. Gegen 1000 Abbildungen im Text. Zahlreiche Tafeln in Schwarz und Farbendruck. Neudamm, J. Neumann, 1896.

De Cañete del Pinar, Observaciones de Precision conel Sextante. Madrid, R. Álvarez, 1895.

Le Clément de Saint-Marco, Congrès de l'Atmosphère organisé sous les Auspices de la Société royale de Géographie d'Auvers 1894. Anvers, Backer, 1895.

Elster, Julius, Eine übersichtliche Form eines Hochspannungs-Transformators ohne Öl-Isolation. Sonderdruck aus dem 10. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig. 1895. Friedrich Vieweg u. Sohn.

Elster, J., und Geitel, H., Über hewegliche Lichterscheinungen in verdünnten Gasen, verursacht durch elektrische Schwingungen. Separat-Abdruck aus den Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge Band 56. 1895. Leipzig, Joh. Ambros. Barth.

Elster, J., und Geitel, H., Bericht über die Ergehnisse neuerer Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Elektrizität. (Verlesen auf dem internationalen Meteorologischen Kongrefs in Chicago, September 1895), Wolfenbüttel.

Faber, Ed., Zur Hydrographie des Maingebietes. Nach Veröffentlichungen der Meteorologischen Zentral-Station München, sowie den Wasserstandsbeobachtungen des Mains bei Würzburg. München, Theodor Ackermann. 1895.

De Figueroa, R. P., Compensación de Déclinaciones Magnéticas en la Peninsula Ibérica, Madrid, 1895.

Flammarion, C., Das Ende der Welt. Übersetzt von H. Wenzel. Pforzheim, E. Hang, 1895.

Fortschritte der Physik im Jahre 1893. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 49. Jahrgang. Zweite Abteilung: Physik des Äthers. Dritte Abteilung: Kosmische Physik. Braunschweig, 1895. Vieweg und Sohn.

Fortschritte der Physik im Jahre 1894. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 50. Jahrgang. Erste Abteilung: R. Börnstein, Physik der Materie. Dritte Abteilung: R. Assmann, Kosmische Physik. Braunschweig, 1895. Vieweg und Sohn.

Fritsche, H., Über den Zusammenhang zwischen der erdmagnetischen Horizontalintensität und der Inklination. Mit einem Anhange von 29 Tafeln. St. Petersburg, 1895.

de Glasenapp, Mesures micrométriques d'Etoiles doubles faites à St. Petersbourg et à Domkino. St. Petersbourg, 1895.

Günther, L., Erd- und Himmelsgloben, ihre Geschichte und Konstruktion. Mit 9 Textfiguren. Leipzig, 1895. B. G. Teubner.

Harms, Dr. F., Naturphilosophie. Aus dem handschriftlichen Nachlafs des Verfassers herausgegeben von Dr. H. Wiese. Leipzig, 1895. Th. Griebens Verlag.

Hübners Geographisch-statistische Tabellen aller Länder der Erde. 44. Ausgabe für das Jahr 1895. Herausgegeben von Fr. v. Juraschek. Frankfurt a. M., H. Keller, 1895.

Jacob, A., Unsere Erde. Zweite Auflage. Freiburg i. Breisgau, Herdersche Verlagsbuchhandlung.

Landauer, Dr. J., Die Spektralanalyse. Mit 44 in den Text eingedruckten Holzschnitten und einer Spektraltafel. Braunschweig, Vieweg und Sohn. 1896.

Lehmann, O., Elektrizität und Licht. Einführung in die messende Elektrizitätslehre und Photometrie. Mit 220 Holzstichen und drei Tafeln. Braunschweig, 1895. Fr. Vieweg und Sohn.

Les Limites actuelles de notre science. Discours présidentiel prononcé le 8 août 1894 de Marquis de Salisbury devant la Britisch Association, dans sa session d'Oxford, traduit par M. de Fonvielle. Paris, Gauthier-Villars et fils, Paris, 1895.

Marth, A., Ephemeris for Physical Observations of Jupiter 1895—1896.

Meyer, Dr. Hans, Die Insel Tenerife. Wanderungen im canarischen Hoch- und Tiefland. Mit 4 Originalkarten und 33 Textbildern. Leipzig, 1896. S. Hirzel.

Miethe, Dr. A., Lehrbuch der praktischen Photographie. Mit 170 Abbildungen. Halle a. S., Wilh. Knapp, 1896.

Observations des Protubérances solaires. Faites à l'Observatoire d'Odessa du mois d'août 1892, jusqu'au mois d'août 1893 par A. Kononowitsch, N. Zwietinowitsch et A. Orbinsky. Odessa, 1895.

Papavasiliu, S. A., Zum grofsen Dislokationsbeben von Lokris im April 1894. Athen, Meifsner und Kargaduris, 1895.

Peter, Bruno, Beobachtungen am sechszölligen Repsoldschen Heliometer der Leipziger Sternwarte. Mit 4 Textfiguren und einer Doppeltafel. Leipzig, bei S. Hirzel, 1895.

Rizzo, G. B., Osservazioni meteorologiche fatte nel' anno 1893 all' Osservatorio della R. Università di Torino. Torino, C. Clausen, 1894.

Rizzo, G. B., Osservazioni meteorologiche fatte nel' anno 1894 all' Osservatorio della R. Università di Torino. Torino, C. Clausen, 1895.

Rizzo, G. B., Sull'estensione della Legge di Kirchhoff intono alla relazione fra L'assorhimento e L'emissione della lnce. Torino, C. Clausen, 1895.

Schoop, Paul, Enzyklopädie der Elektrochemie. Band 5. Die Sekundärelemente, auf Grundlage der Erfahrung dargestellt. II. Teil, enthaltend die Fabrikation von Blei-Sammlern. Mit 4 Kurven und 39 Figuren. Halle a. S., 1895. Wilhelm Knapp.

Schweiger-Lerchenfeld, Die Donau als Völkerweg, Schiffahrtsstrafse und Reiseronte. Mit 300 Abbildungen und Karten. A. Hartlebens Verlag, Wien, 1895. Lieferung 11—30.

Stolze und Dr. **Miethe**. Photographischer Notiz-Kalender für 1896. Wilhelm Knapp, Halle a. S.

Sul modo di dedurre la Media Giornaliera della Osservazioni Meteorologiche fatte a Torino in Tempo Medio delle Europa, Centrale. Torino, C. Clausen, 1895.

Thomé, O. W., Der Mensch, sein Bau und sein Leben. Mit 96 Figuren und 79 verschiedenen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Auflage. Fr. Vieweg und Sohn. Braunschweig, 1895.

Thomé, O. W., Lehrbuch der Zoologie. Mit über 700 verschiedenen Figuren auf 389 in den Text eingedruckten Holzstichen. 6. Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1895.

Walter, B., Die Oberflächen- oder Schillerfarben. Mit 8 Abbildungen und einer Tafel, Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1895.

Witz, A., Cours élémentaire de Manipulations de Physique, à l'Usage des Candidats aux Écoles et au Certificat des Études physiques et naturelles. Deuxième Édition. Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1895.

Wolf, R., Taschenbuch für Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Lieferung 2—5. Zürich, 1895. Schulthefs.

Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. Fünfte, vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. II. Band. Die Lehre von der Wärme. Mit 131 in den Text gedruckten Abbildungen und Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1896.

Zenthen, G. H., Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter. Kopenhagen, A. F. Höst und Söhne, 1896.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde

Die Frage der Polschwankungen.

Von F. K. Ginzel,
Astronom am Recheninstitute der Königl. Sternwarte zu Berlin.

Der Fortschritt in der astronomischen Erkenntnis geht in unserem Zeitalter einen anderen Weg als ehemals. Während früher leitende Ideen, Systeme und Hypothesen die eigentliche Führung besafsen, und die Arbeit des Messens und Rechnens erst in der Ausbildung begriffen war, ist die Methode der Astronomie beinahe die umgekehrte geworden: wenn wir auch die Hypothesen als anregende Faktoren in der Erkenntnis selbstverständlich nicht entbehren können, so bildet doch die Hauptsache das unablässige Sammeln von Beobachtungen, die Vervollkommnung der rechnerischen und theoretischen Hilfsmittel und nicht am wenigsten die fortwährende Verfeinerung der Mefsapparate und Instrumente. In dem Mafse, in welchem sich die Anforderungen an den Genauigkeitssinn, auf dem Gebiete der astronomischen Beobachtung sowohl wie dem der Rechnung, gesteigert haben, sind die Resultate gewachsen. Ein tieferes Eindringen in manche Gebiete der Astronomie würde, weil die Erscheinungsweisen der Thatsachen uns nicht selten in sehr komplizierter Gestaltung entgegentreten, ohne die Erfüllung der strengsten Forderungen an Genauigkeit der Arbeit einfach unmöglich sein. Erst dem scharfen Blicke, den wir durch fein gebaute Präzisionsinstrumente, bei sorgsamster Auswahl der Beobachtungsmethoden nnd Berücksichtigung aller möglichen Fehlerquellen, thun können, entwirren sich allmählich die Dinge. Bei diesem successiven Eindringen in die verborgeneren astronomischen Details, man kann sagen in die Mikroskopie des Kosmos, bieten sich der Forschung neue, interessante Erscheinungen dar, die häufig die gelehrte Welt überraschen und durch die Tragweite der Folgerungen, die sich aus ihnen nicht nur für die Astronomie,

sondern nicht selten auch für andere Wissenschaften ziehen lassen, alsbald die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Zu diesen Entdeckungen gehört eine aus der neuesten Zeit, welche an einem längst als feststehend betrachteten Gegenstande, und wir können wohl sagen, dem gröfsten Teil der Astronomen ganz unerwartet, konstatiert worden ist: die Verschiebung der geographischen Breiten unserer Erde.

Um verstehen zu können, warum diese Entdeckung einem in Beziehung auf Präzision der Messungen und in Hinsicht auf Ausbildung der Theorie astronomisch sehr entwickelten Zeitalter hat vorbehalten bleiben müssen, ist zuerst die Erinnerung nötig, wie lange schon die Erkenntnis der wahren Gestalt der Erde an sich bedurft hat, geschweige die Vervollkommnung der Messungen auf ihrer Oberfläche. Bis ins siebzehnte Jahrhundert hielt sich der Glaube fest (mit wenigen Ausnahmen, wie bei Kepler, Childrey u. a.), dafs die Erde eine vollkommene Kugel sei, bis die französischen Gradmessungen dieses Axiom zerstörten und an Stelle dessen das an den Polen abgeplattete Rotationsellipsoid setzten. Aber erst die Gradmessungsarbeiten des gegenwärtigen Säkulums und deren internationale Organisation durch Baeyer (1862) haben dargethan, dafs die Oberfläche der Erde überhaupt nicht einer vollkommen regulären geometrischen Fläche entspricht, sondern eine stetige, jedoch durchaus unregelmäfsig gekrümmte Gestalt besitzt, welche dem Begriff eines Ellipsoides nur im allgemeinen nahe kommt. Für diese Figur der Erde, wie sie sich infolge der vielfältigen geodätischen Erkenntnisse in neuerer Zeit herausstellt, hat man die Bezeichnung „Niveausphäroid" gewählt. Das Niveausphäroid ist also eine sphäroidisch gekrümmte, der wahren Erdgestalt sehr nahe kommende Fläche, deren Eigenschaften mathematisch untersucht werden können. Die Symmetricachse dieses Niveausphäroids fällt mit dessen Rotationsachse zusammen. Die Umdrehungsachse unserer Erde würde demnach, da sie zugleich die geometrische Achse ist, fortwährend ein und dieselbe Lage beibehalten müssen, während sich die Erde im Laufe des Jahres um die Sonne bewegt, wenn sie nicht Störungen dieser Lage ausgesetzt wäre. Zwei Arten dieser Störungen sind der Astronomie sehr wohl bekannt. Die eine hat ihre Ursache darin, dafs die Richtungslinie der Anziehungskraft, welche die Planeten (vornehmlich Sonne und Mond) auf die Erde ausüben, infolge der sphäroidischen Erdgestalt nicht genau durch den Erdmittelpunkt geht. Infolge dessen wird die Umdrehungsachse allmählich zu einer Bewegung im Raume gezwungen und damit ändert sich die Lage der Äquatorebene und hierdurch weiter die Stellung, welche

Äquatorebene und Ekliptik gegen einander einnehmen; die Erscheinung tritt durch eine rückgängige Bewegung der Durchschnittspunkte von Äquator und Ekliptik zu Tage. Die scheinbare Verschiebung der Sternbilder führte schon im Altertum zur Entdeckung dieser, gegenwärtig unter dem Namen der „Präzession" bekannten Störung. Im Jahre 1747 wurde durch Bradley eine zweite Störung der Lage der Erdachse festgestellt. Diese rührt der Hauptsache nach von der Gravitationswirkung des Mondes her und ist mit dem Namen „Nutation" bezeichnet worden. Die Bahnen der Erde und des Mondes fallen nämlich nicht zusammen, und ihre Durchschnittspunkte verschieben sich in gewissen Perioden; hierdurch erleidet die „Präzession" selbst wieder Schwankungen. Wie man sieht, ändern Präzession und Nutation nur die Lage der Umdrehungsachse der Erde im Raume und bringen keine Bewegungen dieser Achse innerhalb des Erdkörpers hervor. Es scheint nun nicht, dafs man mit noch weiteren Attraktionswirkungen der Planeten zu rechnen hätte, die im stande wären, Bewegungen dieser Achse, selbst geringfügiger Art, zu verursachen. Wir müssen also von aufserhalb der Erde liegenden Kräften, die solche Verschiebungen der Erdachse bewirken können, ganz absehen; vielmehr können die Ursachen in und auf der Erde selbst zu suchen sein. Die frühere Annahme aber, die wir von dem Niveausphäroid der Erde, dafs dessen Umdrehungsachse mit der Symmetrieachse zusammenfällt, gemacht haben, kann möglicherweise nicht richtig sein. Euler hat schon 1758 in einer Abhandlung über die Theorie der Rotationsbewegung eines festen Körpers um eine variable Achse nachgewiesen, dafs, wenn die beiden in der Äquatorebene gelegenen Trägheitsmomente nicht gleich grofs sind, die Umdrehungsachse nicht mit der dem gröfsten Trägheitsmomente entsprechenden Achse zusammen fallen kann; die Umdrehungsachse der Erde würde dann Schwankungen um die Trägheitsachse ausführen müssen, die sich in einer Zeit von je zehn Monaten vollziehen. Innerhalb dieser zehnmonatlichen Periode würde uns die kreisförmige Bewegung des Poles der Umdrehungsachse um den Pol der Hauptträgheitsachse durch eine zeitweise Verschiebung der geographischen Breiten der Orte auf der Erdoberfläche wahrnehmbar werden. Der Eulerschen Abhandlung ist lange Zeit hindurch keine besondere Beachtung geschenkt worden; erst hundert Jahre nach ihrer Entstehung hat sie anregend auf die Untersuchung des Rotationsproblems der Erde gewirkt. Es war nämlich den früheren Astronomen und Mathematikern die Einheit der Umdrehungs- und Sym-

metrieachse des Erdkörpers selbstverständlich. Ferner war von vornherein sehr wahrscheinlich, dafs, wenn die von Euler als möglich hingestellten Bewegungen der Erdpole wirklich existierten, die Amplitude dieser Schwingungen, d. h. der jeweilige Durchmesser des vom Rotations- und Trägheitsachsen-Pol beschriebenen Kreises sehr klein sein mufste, und demgemäfs auch die Verschiebung der geographischen Breiten nur in sehr geringfügigen Beträgen, vielleicht kaum einige Zehntel einer Bogensekunde erreichend, zu Tage treten konnte. Eine so geringe Veränderung der Breite eines Ortes aus Beobachtungen zweifellos konstatieren zu können, dazu war die Mefskunst während des ganzen vorigen Jahrhunderts und noch durch einen grofsen Teil des gegenwärtigen nicht ausreichend.

Die Kunst der geographischen Ortsbestimmung, nämlich die Länge und Breite eines Ortes der Erdoberfläche durch astronomische Methoden möglichst genau zu ermitteln, ging Hand in Hand mit der Entwicklung der astronomischen Mefskunst überhaupt und den dadurch bedingten Fortschritten der Präzisions-Mechanik. So lange noch bei den Beobachtungen zur Bestimmung der geographischen Breite die alten Gerätschaften, wie Quadranten, Astrolabien und Jakobstäbe angewendet wurden, mufsten die erhaltenen Resultate äufserst ungenau bleiben. Die geographischen Positionen, welche die Astronomen des 15. und 16. Jahrhunderts angeben, sind dementsprechend noch um viele Bogenminuten unsicher. Erst Tycho de Brahe, der überhaupt als bahnbrechend auf dem Gebiete der astronomischen Beobachtungskunst zu betrachten ist, erreichte durch Verschärfung der instrumentellen Hilfsmittel die Genauigkeit in den geographischen Breiten bis zu einer Bogenminute. Nach Einführung des Hadleyschen Spiegelsextanten und der Ersetzung der Astrolabien durch feststehende Mauerkreise fing der Beobachtungsfehler allmählich an unter die Bogenminute herabzugehen. Weiterhin wirkte die ins 18. Jahrhundert fallende Epoche der Gradmessungsarbeiten und der aufblühenden Interessen an der wahren Gestalt des Erdballes mächtig fördernd auf die Entwicklung des Genauigkeitssinnes der astronomischen Mefskunst. Indessen schätzte noch der Geodät Bouguer (1740) die äufserste Genauigkeit, die man mit den zu seiner Zeit bei Breitenbestimmungen verwendbaren Instrumenten erlangen konnte, auf nur 5 Bogensekunden. Es ist also selbstverständlich, dafs zur Zeit, als Euler seine Abhandlung schrieb und darin auf eine mögliche Veränderlichkeit der Breiten hinwies, die faktische Konstatierung einer Breitenverschiebung durch Messungen noch eine unerfüllbare Illusion

sein mufste. Damit man sieht, wie weit die Astronomen um den Anfang unseres Jahrhunderts im Herabdrücken der Fehlergrenzen bei geographischen Breitenbestimmungen gekommen sind, setzen wir hier eine Reihe von Messungen an, die im Jahre 1804 bei Gelegenheit der Thüringischen Gradmessung an dem einen Endpunkte der geodätischen Basis mittelst eines Bordaschen Multiplikationskreises mit vieler Sorgfalt gemacht worden sind:

50° 52′ 56.0″	50° 52′ 56.8″
54.1	56.9
56.5	54.9
55.6	54.8

Jedes dieser Einzelresultate beruht auf 30 bis 50 Messungen; trotzdem weichen dieselben, wie man sieht, immer noch soweit von einander ab, dafs beim Schlufsresultat die Verläfslichkeit kaum weiter als bis etwa auf 1 Bogensekunde verbürgt werden kann. Die weitere Etappe der Genauigkeit wurde erst erstiegen, als die Instrumente der älteren Konstruktionsarten gänzlich verlassen und durch die heute noch bei Fundamentalbestimmungen das vornehmste Mefswerkzeug bildenden Meridiankreise ersetzt wurden. Mit der Erfindung dieser, zuerst durch Reichenbach zu ganz vorzüglicher Ausführung gelangenden feststehenden Apparate hat die astronomische Mefskunst einen gewaltigen Schritt nach vorwärts gethan. Nachdem man, namentlich durch Bessels Arbeiten, die glänzende Leistungsfähigkeit dieser Instrumente in Beziehung auf Genauigkeit kennen gelernt hat, sind Präzisions-Mechaniker und Astronomen gleich eifrig bemüht gewesen, den Meridiankreis in allen seinen Details zu verbessern. Die gröfseren Instrumente dieser Art, die heute in Pulkowa, Strafsburg, Berlin, Paris u. s. w. aufgestellt sind, werden bei der praktischen Verwendung aufs sorgfältigste, nach Bessels immer noch mustergültigem Vorgange, behandelt. Nicht nur wird ihre ganze Aufstellung durch geeignete Beobachtungen geprüft und werden die Aufstellungsfehler bei den Beobachtungsresultaten in Rechnung gebracht, sondern es erfahren auch die einzelnen Teile und Vorrichtungen eigene Untersuchungen; man ermittelt die Fehler der Teilung der Kreise des Instrumentes, die Fehler, welche periodischer oder fortschreitender Art bei der Schraube sind, die die Messungen hauptsächlich vermittelt, ferner die Einflüsse, welche durch Temperaturänderungen auf das Fadennetz des Fernrohres, auf das Niveau (d. i. den die Horizontalität des Instrumentes prüfenden Apparat) ausgeübt werden, man prüft die Fehler des Fadennetzes auf Verziehung, ermittelt die Abweichung der Fäden

von der Normallage u. s. f. Dadurch, dafs man auf diese Weise zur Kenntnis aller Eigentümlichkeiten des Instrumentes und aller Fehlerquellen gelangt, wird eine eingehende Berücksichtigung der letzteren bei den Beobachtungen möglich, und hierdurch selbstverständlich eine bedeutende Steigerung der Genauigkeit in den Resultaten. Zur Illustration, was man gegenwärtig mit dem Meridiankreise bezüglich der Bestimmung der geographischen Breite erreichen kann, seien hier die Einzelbeobachtungen aufgeführt, die zu Berlin am Bambergschen Universal-Transit-Instrumente der Sternwarte (welches ebenfalls zur Klasse der Meridiankreise gehört) im Jahre 1885 betreffs der geographischen Breite gemacht worden sind:

52° 30′ 16.80″	52° 30′ 16.99″
16.85	16.90
16.46	16.85
16.91	

Die vorzügliche Übereinstimmung dieser Detailresultate unter einander dürfte wohl selbst dem Laien die Überzeugung verschaffen, dafs die astronomische Mefskunst der gegenwärtigen Zeit hinreichende Garantien für die Sicherheit der Beobachtungen bietet, ja dafs sie selbst der Aufklärung jener geringfügigen Verschiebungen, wie sie in den Breitenschwankungen sich darstellen, durch ihre Messungen ohne Gefahr näher treten darf.

Der erste, welcher Schwankungen der Erdpole vermutete und in den Beobachtungen ausgedrückt glaubte, war der berühmte Bessel. In einem Briefe an Humboldt äufserte er im Jahre 1844: „Ich habe Verdacht gegen die Unveränderlichkeit der Polhöhe. Meine sehr schön untereinander stimmenden Beobachtungen mit dem neuen Kreise verkleinern die Polhöhe fortwährend vom Frühjahre 1842 bis jetzt zwar nur um 0.3″, aber selbst diese Kleinigkeit scheint mir nicht ein Beobachtungsfehler sein zu können, denn nach meiner jetzigen Beobachtungsart wird alles eliminiert, was konstanten Einflufs auf die Mittel der einzelnen Sätze haben könnte. Ich denke an innere Veränderungen des Erdkörpers, welche Einflüsse auf die Richtung der Schwere erlangen.“ Diese Bemerkung des scharfen Denkers,[1]) der selbst so vielfach den Fortschritt der Beobachtungskunst gefördert hat, und welcher den inneren Wert der Meridiankreisbeobachtungen kritisch zu würdigen wufste wie wenig andere, ist nicht allgemein

[1]) Näher findet sich der Gegenstand dargelegt in Bessels Aufsatz „Über den Einflufs der Veränderungen des Erdkörpers auf die Polhöhen“, Zeitschr. f. Astr. u. verw. Wiss. V. Bd.

bekannt geworden, vornehmlich deshalb nicht, weil sie Bessel selbst, wie es scheint, nicht weiter verfolgt hat. Mit der allmählichen Anhäufung des Beobachtungsmaterials über die geographischen Breiten, das die Meridiankreise verschiedener Sternwarten lieferten, wurden aber bald leise Zweifel geäufsert ob der Unveränderlichkeit der Stellung der Erdachse, namentlich wegen gewisser auffälliger Schwankungen der Breitenresultate einiger europäischer Sternwarten, wie Neapel, Greenwich, Pulkowa, über welche die Erklärung schwierig war. Deshalb machte Fergola auf der Konferenz der europäischen Gradmessung zu Rom im Jahre 1883 den Vorschlag, die vermutlich reelle Existenz der kleinen Bewegungen der Erdachse, die sich in jenen Breitenbestimmungen aussprach, durch ein Zusammenwirken verschiedener Sternwarten festzustellen. Aber erst fünf Jahre später kam die Frage wieder in Flufs, als inzwischen neue Beobachtungen auf den Sternwarten von Berlin, Gotha und Pulkowa die Veränderlichkeit der Breiten wahrscheinlich gemacht hatten. In Berlin fand Küstner aus Beobachtungen am Bambergschen Universaltransit in den Frühjahren von 1884 und 1885 eine Veränderung der Breite um 0.20″ in einem Jahre, und den gleichen Betrag zog er aus einigen Beobachtungen der Jahre 1881 und 1882. Da sich in den letzteren Jahren, nämlich 1879—1881 auch an einer von Nyrén in Pulkowa sorgfältig ausgeführten Beobachtungsreihe, und an einer von L. de Ball in Gotha gemachten dieselbe Veränderung zeigte, so sprach sich Küstner für die folgende Hypothese aus: „Es hat zu jener Zeit eine Schwankung der Rotationsachse im Erdkörper stattgefunden, welche in der ersten Hälfte des Jahres 1881 in Pulkowa, Gotha und Berlin die Polhöhe hat gröfser beobachten lassen, als vorher resp. nachher. Wenn auch, wie ich zugeben mufs, die Beweiskraft der Beobachtungen in Gotha, wegen der geringeren Genauigkeit, welche das dortige Instrument zu erreichen erlaubte, und in Berlin, wegen der geringen Zahl der Messungen, für sich allein keine zwingende sein möchte, so scheinen sie mir doch in Verbindung mit der ausgedehnten und vorzüglichen Pulkowaer Reihe die von Nyrén offen gelassene Frage (über die Ursache der Schwankungen) notwendig in obigem Sinne zu beantworten; denn so allein wird es möglich, die gleichzeitig an drei verschiedenen Orten in demselben Sinne und in gleicher Stärke unabhängig von drei Beobachtern gefundenen systematischen Differenzen auf eine einzige Grundursache zurückzuführen. Laterale Refraktion oder Veränderung der persönlichen Gleichungen kann unmöglich überall in dieser Weise sich geltend gemacht haben, wenigstens ist

die Wahrscheinlichkeit dafür fast gleich null; dagegen liegen die drei Sternwarten hinreichend nahe zu einander, dafs, wenn überhaupt eine Verschiebung der Rotationsachse stattgefunden hat, sie auch an allen dreien sich in nahe gleicher Weise äufsern mufste." Durcb diese Erklärung wurde der Vorschlag Fergolas wieder in den Vordergrund gerückt. Die permanente Kommission der internationalen Erdmessung beschlofs daber auf ihrer Versammlung 1888 zu Salzburg, eine Kooperation der Sternwarten bezüglich der Ermittelung der Polhöhen (d. i. der geographischen Breiten) anzubahnen. Als bei diesen Beobachtungen anzuwendende Methode wurde die von Talcott-Horrebow[2]) herrührende bedungen. Bei Verwendung dieser erprobten, für Breitenbestimmungen manche Vorteile bietenden Verfahrungsart war, wenn man die Messungen auf ihrer Position nach nur durchaus sehr gut bekannte Sterne gründete, zu erwarten, dafs es in je einem Monate, bei etwa 9 klaren Abenden und 8 ausgewählten Sternpaaren, gelingen werde, den mittleren Fehler der gemessenen Polhöhen auf 0.02″ zu erhalten; das Zusammenwirken mehrerer Observatorien nach diesem Programm berechtigte zu der Hoffnung, dafs eine eventuell vorbandene Polhöhen-Variation im Betrage von 0.1″ unter keinen Umständen der Beobachtung entgehen werde. Die im Jahre 1889 begonnene Kooperation der Sternwarten Berlin, Potsdam, Prag, Strafsburg zeigte im ersten Halbjahre in Berlin und Potsdam keine mit Sicherheit erkennbare Änderung der Polhöhen, im dritten Vierteljahre erst trat eine Zunahme, dann ein entscbiedenes Abnehmen ein, das sich bis Januar 1890 fortsetzte und den erheblichen Betrag von 0.5″ bis 0.6″ erreichte; diese Beobachtungen wurden namentlich durch die gleichzeitigen in Prag bestätigt. Die folgenden Zablen machen den Gang der Abnabme deutlich sichtbar:

Berlin		Potedam		Prag	
1889 Okt. 8	52° 30′ 17.53″	1889 Okt. 3	52° 22′ 56.31″	1889 Sept. 27	50° 5′ 16.04
Nov. 4	17.39	Dez. 29	56.02	Nov. 4	15.85
„ 23	17.28	1890 Jan. 10	55.99	„ 16	15.69
1890 Jan. 1	17.08	„ 29	55.90	1890 Jan. 13	15.55
„ 10	17.12				
„ 26	17.04				

[2]) Bei der Mehrzahl der Methodeu zur Breitenbestimmung worden die Höhen der Sterne oder die Zenithdistanzen (d. i. der Bogen zwischen Zenith und Stern) gemessen; bei der Talcottsohen Methode mifst man die Differenz zweier Zenithdistanzen, u. zw. eines nördlich und eines südlich kulminierenden Sternes. Ist δ die Deklination des südlichen, δ' jene des nördlichen Sterns, z die Zenithdistanz des ersteren, z' jene des zweiten, so ist die Polhöhe

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta + \delta') + \tfrac{1}{2}(z - z').$$

Nachdem auch nooh von der weit nördlicher gelegenen Sternwarte Pulkowa die Nachricht angelangt war, dafs dort die Beobachtungen vom Herbst 1889 ab ebenfalls eine deutliche Verminderung der Polhöhe erkennen liefsen, konnte an der Thatsache, dafs die Breiten der Veränderung unterliegen, nicht mehr gezweifelt werden. Es war jetzt noch die Frage, ob die Breitenvariation wirklich ihre Ursache in den periodischen Bewegungen habe, welche die Drehungsachse der Erde in Beziehung zum festen Erdkörper ausführt. Wenn diese Hypothese zu recht bestand, so bedingte dieselbe, dafs sich dieselben Breitenschwankungen auch an Orten der Antipoden-Erdhemisphäre, aber im entgegengesetzten Sinne, vorfinden mufsten. Die Erdmessungs-Konferenz zu Freiburg beschlofs deshalb 1890, nicht blofs die Beobachtungen in Europa fortsetzen zu lassen, sondern auch eine Expedition nach Honolulu, das in Länge fast um 180° von Berlin entfernt, in Breite um mehr als 30° südlicher gelegen ist als letzteres, zur Ausführung derselben Messungen zu entsenden. Würden die Breitenvariationen von Honolulu das entgegengesetzte Verhalten gegen die mitteleuropäischen aufweisen, so würde wohl dadurch ein Hinweis gegeben sein, dafs die Ursache der Polhöhenschwankungen in periodischen, im Erdinnern sich vollziehenden Massenbewegungen zu suchen sei. Von Berlin ging Dr. Marcuse, von der nordamerikanischen Coast and Geodetic Survey Mr. Preston nach Honolulu; beide beobachteten dort bei Waikiki, $5^1/_2$ km von der Stadt Honolulu, von Ende Mai 1891 bis Mai 1892. Das sorgfältig vorbereitete Programm traf die Auswahl der zu den Beobachtungen nötigen Sterngruppen so, dafs die Resultate frei von den Ungenauigkeiten der Sternpositionen erhalten werden konnten; als Beobachtungsmethode wurde wieder die bewährte Horrebow-Talcottsche acceptiert. Die gleichen Programmpunkte hielten auch die Beobachter der mitwirkenden Sternwarten von Berlin, Prag und Strafsburg fest. Schon während der Ausführung des Beobachtungsplanes, im Oktober 1891, konnte der in Florenz tagenden permanenten Kommission der Erdmessung mitgeteilt werden, dafs die in Honolulu beobachteten Polhöhenänderungen den korrespondierenden europäischen gerade entgegengesetzt seien, also die ganze Erscheinung thatsächlich ihren Grund in den Bewegungen der Rotationsachse der Erde habe. Die völlig regelmäfsig sich vollziehende Änderung der Polhöhe von Honolulu zeigen folgende Zahlen:

Zur Messung der Differenz $(z - z')$ erfand Talcott 1834 ein eigenes Instrument, das Zenithteleskop, welches um eine vertikale Achse drehbar ist und die Breitenbestimmung jederzeit auch aufserhalb des Meridians gestattet.

1891 Juni	21° 16′ 25.00″	1891 Dezember	21° 16′ 24.80″
Juli	24.84	1892 Januar	24.97
August	24.72	Februar	25.08
September	24.68	März	25.12
Oktober	24.69	April	25.19
November	24.70	Mai	25.15

Mit dieser Bewegung standen die Variationen in Berlin, Prag, Strafsburg und Pulkowa im Gegensatz; die Minima und Maxima der

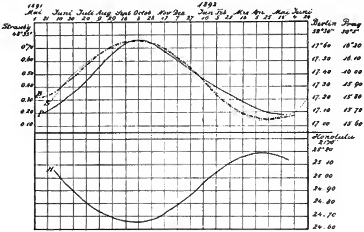


Fig. 1.

Schwankung fielen in Honolulu auf den 1. Oktober 1891 resp. Mitte April 1892, während Berlin, Prag, Strafsburg und Pulkowa zwischen dem 1.—12. Oktober ihr Maximum hatten, und zwischen Ende April bis Ende Mai 1892 an diesen Stationen die Minima beobachtet wurden. Am klarsten wird der Gang der Schwankungen aus der obenstehenden Karte (Fig. 1), die wohl ohne weitere Erklärungen verständlich sein dürfte, und aus der man unmittelbar den Gegensatz der Schwankungen erkennt.

Es war also auf diese Weise die Thatsache, dafs die Pole der Erdachse Schwankungen ausführen, festgestellt, und zwar, wenn wir offen sein wollen, zur Überraschung vieler Astronomen. Nicht wenige, die sich lange Zeit hindurch mit Breitenbestimmungen beschäftigten, mögen schon Zweifel über die Unveränderlichkeit der Polhöhen gehegt und den Sachverhalt geahnt haben, aber sie mochten vielfach

sich selbst nicht trauen und konnten auch, ohne die Unterstützung anderer, nicht mit einzelnen Beobachtungsreihen beweisend hervortreten. Um so gröfser war das Interesse, welches sich jetzt allseitig der neuen Entdeckung zuwandte. Zunächst war man begierig, die Periode kennen zu lernen, innerhalb welcher die Schwankungen verlaufen. Der Eulerschen Theorie nach, welche wir Eingangs dieses Aufsatzes andeuteten, wäre eine Periode von etwa 10 Monaten, genauer 306 Tagen, zu erwarten gewesen. Aber schon die ersten Bearbeiter der Reihen von Honolulu, Berlin, Prag, Strafsburg fanden erheblich gröfsere Perioden, die zwischen 380 und 400 Tagen zu liegen schienen. Dieses befremdende Resultat hat mehr als die Thatsache der Breitenvariation selbst zu einer grofsen Menge von eingehenden Untersuchungen älterer Beobachtungen angeregt. Es ist nicht zu sagen, dafs diese Arbeiten Klarheit in den Gegenstand gebracht haben, trotz des Aufwandes von vieler Mühe und Zeit; im Gegenteil, es ist der forschenden Menschheit gegangen wie überall in der Naturbeobachtung: die auf den ersten Blick einfache Erscheinung hat sich als ein aus verschiedenen Ursachen zusammengesetztes kompliziertes Problem erwiesen, und allem Anschein nach wird es noch vieler Anstrengung und Arbeit bedürfen, bis eine allseitig befriedigende Lösung gefunden ist. Wir wollen nur die hauptsächlichsten der Diskussionen berühren, welche betreffs der Ableitung der Periode gegeben worden sind. Bei der Untersuchung der älteren Beobachtungen von Pulkowa 1875—1882 und der neueren bis 1892 schienen 2 Perioden, von je 426 und 433 Tagen genügen zu können, was auch durch Sokoloffs Untersuchung der Beobachtung der Miren des Pulkowaer Meridiankreises 1843—1885 bestätigt wurde. Backhuyzen fand aus den Leidener Beobachtungen 1864—68 eine Periode von 434 Tagen. Chandler, der sich am eifrigsten mit der Aufsuchung der den älteren Breitenbeobachtungen entsprechenden Periode der Variation beschäftigt hat, zog zuerst aus den Cambridger Beobachtungen 1884—85 eine Periode von 444 Tagen, ging aber bald bei der Kritik anderweitigen Materiale aus Zenithdistanzen der Jahre 1863—75 auf 427 Tage herunter. Im weiteren Verlaufe seiner Arbeiten, die schliefslich gegen 33000 Beobachtungen (1837—1891) von 17 verschiedenen Sternwarten umfafsten, suchte Chandler nachzuweisen, dafs die Periode überhaupt nicht konstant sei, sondern sehr beträchtliche Änderungen erfahre; nur zwischen 1863—85 sei sie 427 Tage gewesen, zu Bradleys Zeiten (1730) könne sie nahe ein Jahr betragen haben. Es sei aufserdem wahrscheinlich, dafs beide Perioden, von 427 Tagen und

einem Jahre, in eine gröfsere von 7 Jahren eingeschlossen seien. Chandler hat versucht, die zu erwartenden Beträge der Polhöhen-Ausschläge und die Zeiten der minimalen und maximalen Schwankungen durch Formeln festzulegen resp. im Voraus anzugeben. Danach soll die Schwingung (der Rotationsachse resp. die Polhöhenvariation) an Gröfse seit dem Jahre 1890/91 langsam abnehmen und gegen den Herbst 1894 hin beinahe ganz verschwinden oder doch durch die Beobachtungen nicht mehr konstatierbar sein; allmählich, um 1896 würde die Schwankung wieder den Betrag von 1889 erreichen, fortwährend zunehmen bis über 1898 hinaus, bis die Schwankungen von 0.5″ bis 0.6″ und die Periode von 390 Tagen sich wieder einstellen, wie sie 1889—92 geherrscht haben. Die Chandlerschen Ausführungen haben mancherlei Zustimmung, aber auch Widerspruch erfahren. Der Haupteinwand ist wohl der, dafs die von Chandler benutzten Beobachtungsreihen an Wert aufserordentlich verschieden, zum Teil auch nicht ausreichend sind, um allen daraus gezogenen Schlüssen sicheren Halt geben zu können. Es ist offenbar noch sehr verfrüht, entsprechende Hypothesen über die Natur und Variabilität der in den Breitenschwankungen sich zeigenden Perioden zu wagen. Vorläufig kann als feststehend angenommen werden, dafs die Bewegung der Rotationsachse um die Hauptachse des Erdniveausphäroids im Sinne von West nach Ost sich vollzieht, was auch aus der Theorie folgt. Eine gröfsere Periode (die jedenfalls gröfser ist als die Eulersche von 306 Tagen) mag mit einer kleineren zeitweise in Kongruenz kommen, und verschiedene Zustände, nicht zum wenigsten meteorologische, mögen moderierende Einflüsse bewirken. Es ist lehrreich, zu sehen, welche Kurve die schwankende Erdachse im Laufe der Zeit beschreibt. Nebenstehende beide Figuren bezeichnen den Weg, den die Schwingungen vom Juni 1891 bis September 1892 nach den Beobachtungen der 7 Stationen Honolulu, S. Francisco, Rockville, Strafsburg, Berlin, Prag, Pulkowa, und vom Oktober 1892 bis Juli 1894 nach Beobachtungen zu Kasan, Strafsburg und South-Bethlehem (Pa.) ausgeführt haben. Danach ist die Bewegung eine elliptisch-spiralförmige gewesen und hat im entgegengesetzten Sinne der Bewegung des Uhrzeigers stattgefunden. Die bis jetzt beobachteten Grenzen des Ausschlagwinkels der Polarachse liegen ungefähr zwischen 0.10″ und 0.55″, was etwa 3 m Polverschiebung bis zu 17 m entspricht. Sehr bemerkenswert dabei ist, dafs die Ebene der gröfsten Schwingungen sich innerhalb kurzer Zeit gedreht hat. Um 1891—92 bildete die Ebene der Maximalausschläge mit dem Meridiane von Pulkowa einen

Winkel von 40°, von 1892—94 hat sich aber diese Richtung um 90° weiter nach Westen gedreht. — Übrigens sind nicht blofs gegen die Chandlersche Periodenaufstellung, sondern auch gegen die Verläfslichkeit der Horrebow-Talcottschen Beobachtungsmethode Bedenken erhoben worden. Cornu hat darauf aufmerksam gemacht, ob nicht bei den geringfügigen Beträgen, um die es sich bei den Breitenvariationen handelt, die äufseren Temperatureinflüsse auf die Instrumente, deren Kreisteilung, auf das Ableseniveau und die Mikrometer verändernd wirken können, derart, dafs der jährliche Gang der Lufttemperatnr entsprechende periodische jährliche Fehler in den abgeleiteten Breitenänderungen erzeugt, so dafs man vielleicht gewisse Maxima und Minima für Polhöhenvariationen ansieht, während dieselben

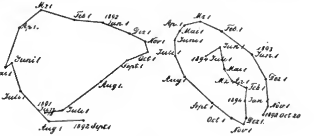


Fig. 2.

vielmehr ihren Grund im Gange der Temperatur haben. Dieses Bedenken läfst sich indessen, wie Chandler gezeigt hat, aus den bisherigen Beobachtungen selbst widerlegen.

Fragen wir nun nach den Ursachen, welchen die sowohl in der Gröfse des Betrages als dem Verlaufe der Perioden nach sehr variablen Polhöhenschwankungen entspringen können, so müssen wir zuvor daran erinnern, dafs zwar die einzelnen Hypothesen einer mathematischen Behandlung zugänglich sind, auch anscheinend plausible Annahmen über die darin vorkommenden Gröfsen gemacht werden können, dafs sich aber die Jetztzeit noch sehr im Zweifel über manche Zustände befindet, welche die Beschaffenheit unseres Erdkörpers betreffen. Deshalb läfst sich die Ursache der Polhöhenschwankungen nicht ohne weiteres präzisieren, vielmehr scheint es notwendig, dafs jeder der einzelnen im Erdkörper selbst oder aufser ihm liegenden Hinweise auf das Zustandekommen von Bewegungen der Rotationsachse, und ferner auch die Kombinationen dieser an sich vielleicht

kleinen Ursachen mit den Beobachtungen selbst fortgesetzt verglichen werden müssen, um die wahrscheinlich aus mehrfachen Ursachen sich zusammensetzende Erscheinung zu entwirren. Ein Haupthindernis zur Lösung der Frage ist, ob die Theorie eine absolut starre Erde, deren Trägheitsmomente keine Veränderungen mehr erfahren, oder eine zum Teil noch flüssige, in welcher noch Änderungen der Trägheitsachsen möglich sind, annehmen soll. Wie eingangs bemerkt, ist die Eulersche Periode der Polschwankungen von 306 Tagen unter Acceptierung der ersteren Hypothese ableitbar. Diese Periode wäre theoretisch unveränderlich, sie kann aber nach Thomson und Gyldén ganz irreguläre beträchtliche Störungen durch Vorgänge auf der Oberfläche der Erde erfahren. Die meteorologischen Erscheinungen, namentlich die Winde, das Schmelzen des Polareises, können zeitweise Veränderungen in den Niveauflächen der Meere hervorbringen, welche nicht ganz geringfügige Deviationen der Rotationsachse nach sich ziehen. Thomson schätzt diese Einwirkungen auf die Bewegung der Erdachse bis auf $^1/_2$ Bogensekunde. Es ist aber, schon im Hinblick auf die Ergebnisse der Geologie, viel wahrscheinlicher, dafs die Erde nicht starr ist, sondern noch fortwährenden Veränderungen unterliegt. Gyldén hat deshalb schon im Jahre 1871 die Frage untersucht, ob Massenumsetzungen im Innern oder auf der Erde die Lage der Rotationsachse beeinflussen und hierdurch Breitenverschiebungen bewirken können. Auch bei der Erklärung der Chandlerschen Periode von 430 Tagen kommt Gyldén wieder auf eine nicht durchaus feste, sondern teilweise noch elastische Erde zurück. Dieselbe wird bis zu einer gewissen Tiefe aus Höhlungen und Canälen bestehen, die bewegliche Stoffe, Erden und Flüssigkeiten enthalten. Man kann sich eine intermittierend wirkende Ursache, etwa dem Geyser-Phänomen gleichkommend, vorstellen, welche Bewegungen und Verschiebungen der Stoffe hervorruft. Aus der Theorie folgt durch Einführung von Funktionen, welche die eben geäufserte Hypothese berücksichtigen, das Auftreten von Gliedern, welche ungefähr den beobachteten Veränderungen der Polhöhen entsprechen. Ebenfalls auf eine elastische Erde Bezug nehmend, hat sich Newcomb über die Breitenvariation ausgesprochen. Nach ihm liegt die Abweichung der Chandlerschen Periode von der Eulerschen in der theoretischen Vernachlässigung der Elastizität der Erde und der Beweglichkeit der Ozeane. Ein anderer Grund für die Existenz periodischer Bewegungen der Rotationsachse der Erde ist in der Wahrnehmung gesehen worden, dafs die Höhen der Meeresflächen gewisse Schwankungen aufweisen; während die Pegelstände

an einigen Küsten der Nord- und Ostsee ein Zurückgehen zeigen, ist an anderen Orten ein Steigen beobachtet worden. Die Untersuchung der Frage, ob die Höhenniveaus der Meere von Bewegungen der Erdachse abhängen, hat Gyldén ausgeführt. Danach ist es aber kaum möglich, dafs man das Schwanken der Meeresflächen aus Bewegungen der Drehungsachse erkennen kann. Lamp sieht den Grund der Verschiedenheit in der Lage der Meeresniveaus hauptsächlich in der Verteilung des Luftdruckes und in der durch letzteren hervorgerufenen Bewegung der Wassermassen. Je nach dem Fortschreiten der Luftdruckmaxima müssen sich die an einem Punkte konzentrierten Wassermassen mitverschieben, gleichzeitig aber auch entsprechend der Luftdruckverteilung an Masse ab- und zunehmen. Im Laufe des Jahres bewirkt die gesetzmäfsig auftretende Luftdruckverteilung eine Bewegung der Wassermengen von Süden nach Norden. Im Sommer wird eine gröfsere Menge Wasser auf die Nordhalbkugel transportiert als im Winter; diesem Übergewichte entsprechend müfste dann ein Schwanken der Erdachse und eine Ausgleichung eintreten. Lamp berechnet, dafs wenn auf der einen Seite der Erde eine Wassermasse von 2500 cbm von Süden nach Norden wandert, dies einen Ausschlag der Trägheitsachse von 0075″ verursachen kann, was einer Breitenvariation von 0,5″ entspricht. Aber abgesehen von der bezweifelbaren Ursache des Luftdruckes als Beweger der Wassermassen, kämen wir mit der Hypothese nur auf jährliche Perioden. Diese Hypothese führt uns näher vor die Frage, ob überhaupt Massenversetzungen auf und in der Erde erhebliche Bewegungen der Rotationsachse gegen die Achse der Figur hervorbringen können. Da die Beantwortung der Frage die Kenntnis des Gesetzes erfordern würde, nach welchem sich die Hauptträgheitsachsen der nicht starren Erde ändern, wir aber hierüber noch gänzlich unwissend sind, so läfst sich eine Antwort nur unter der Annahme hypothetischer Zustandsänderungen wagen. Gyldén hat sich unter der Acceptierung solcher Voraussetzungen mit der Bewegungstheorie der Rotationsachse beschäftigt; aufserdem haben Haughton, G. H. Darwin, Twisden u. a. verschiedene Spezialfälle untersucht. Danach können kleine Änderungen in der Lage der Rotationsachse allmählich durch die Ablagerungen der Gesteine, welche die Wassermassen der grofsen Flüsse fortwährend den Meeren zuführen, hervorgerufen werden. Die Menge der durch die grofsen Ströme, wie den Missisippi, Amazonas u. s. w. und durch die Eisberge forttransportierten festen Stoffe ist sehr bedeutend, sie würde nach einer (freilich zu hohen) Schätzung von Waters jährlich mehrere

tausendmillionen Tons betragen. Die Aufhäufung der Stoffe kann, wenn sie durch Jahrhunderte hindurch regelmäfsig an einzelnen Stellen der Erde geschieht, sich schliefslich in Bewegungen der Drehungsachse bemerkbar machen. Allerdings mufs man auch bedenken, dafs die Ablagerungen der Flüsse, während sie in einer Richtung auf eine Polverschiebung hinarbeiten, zum Teil auch wieder die Verschiebung selbst verhindern; während z. B. die Ströme Sibiriens durch ihre Sedimentablagerungen den Pol östlich verschieben können, wirkt der Missisippi entgegen, da seine Ablagerungen im westlichen Sinne der Nordpolverschiebung wirken würden.

Es ist sehr schwierig, den Totaleffekt zu schätzen, der aus dem Transport der Ablagerungen der Flüsse bei der gegenwärtigen Verteilung der Meere und Kontinente für eine Polbewegung schliefslich hervorgehen kann; es könnte aber sein, dafs die Erscheinung immerhin in nicht ganz unbedeutendem Mafse zu Veränderungen der Eulerschen Periode beiträgt. Auch meteorologische Vorgänge, wenn sie von grofser Ausbreitung sind, können etwas zur Störung der Periode beitragen. Eine sehr unregelmäfsige Verteilung der Regenfälle auf einer Hemisphäre während eines Jahres kann Deviationen hervorbringen, die rechnerisch bis zu 0,05″ geschätzt werden. Hierher gehören auch rasche Steigungen der Meere durch Schmelzen bedeutender Eismassen. Wäre der Nordpol bis zu 70° herab mit einer Eislage von 1000 Fufs Höhe bedeckt, so würde durch das Auftauen des Eises, falls die ganze Oberfläche der Erde ein Meer wäre, die Höhe dieses Meeres um 8,7^{m} steigen, und es würde eine sehr starke Polverschiebung eintreten müssen. Aber auch bei der heutigen Verteilung von Wasser und Land und den gegenwärtigen Durchschnittsverhältnissen im Auftreten des Polareises ist ein zeitweises Ansammeln sehr beträchtlicher Mengen Schmelzwassers in den arktischen und antarktischen Regionen und einige Wirksamkeit der Folgeerscheinungen für Veränderung der Eulerschen Periode nicht ganz auszuschliefsen. Erheblichen und in den Beobachtungen wahrnehmbaren Verschiebungen würde die Erdachse unterliegen, wenn es möglich wäre, dafs auf einer der Hemisphären eine rasche Austrocknung eines bedeutenden Wasserareals, also eine Störung im regelmäfsigen Gange der Gesamtverdunstung der Wässer des Erdballs, Platz greift. Vulkanische Erscheinungen dagegen, Eruptionen und dadurch bewirkte Hebungen und Senkungen, würden, soviel die Erfahrungen über Vulkanausbrüche bis jetzt übersehen lassen, schwerlich in die Eulersche Periode störend fallen können. Während der Entwicklung der Erde,

wo der Vulkanismus in viel grofsartigerem Mafsstabe eine Rolle spielte als in der Gegenwart, mag auch dieser Erscheinung ihr Anteil an den Bewegungen der Erdachse zugekommen sein. Naheliegend ist ferner, dafs während der Bildungsgeschichte der Erde die Hebungen der Kontinente bedeutende Polverschiebungen bewirkt haben. Haughton hat die Polverschiebungen berechnet, welche durch die säkulare Hebung der Erdteile erzeugt wird, wenn diese Hebung vom Boden eines die Erde gleichförmig bedeckenden Meeres aus vor sich geht. Unter statthaften Annahmen für die Rechnung findet er, dafs die Masse des europäisch-asiatischen Kontinents die gewaltige Polverschiebung von 111 km, und zwar in der Richtung eines Meridians durch die Anden verursacht haben kann. Schwahn berechnet den Maximalbetrag, den gegenwärtige säkulare Hebungen und Senkungen noch auf die Lage des Poles ausüben können; er findet, dafs eine Erhebung oder Senkung des europäisch-asiatischen Festlandes um 1 cm eine Polverschiebung von 0.42^{m} zur Folge hätte. Sollte die säkulare Änderung dieses Kontinentes etwas gröfser sein, als hier angenommen ist, so würde sich in den Beobachtungen ein bereits wahrnehmbarer Betrag, der aus dieser Ursache hervorgeht, eingeschlossen finden. Übrigens hat Haughton seinen Betrachtungen hinzugesetzt, dafs durch die Erhebung der Kontinente, wenn sie plötzlich erfolgt ist, eine Flutwelle erzeugt werden mufs, welche durch ihren reibenden Einflufs im Laufe der Zeit wieder beide Achsen der Erde zur Koinzidenz zu bringen suchen wird. Nach G. H. Darwin genügen bei einer ursprünglichen Distanz von 69 engl. Meilen der verschobenen Drehungsaxe von der Achse der Figur 19200 Jahre, um durch Flutreibung wieder nahe den früheren Zustand herbeizuführen. Wie Schwahn bemerkt, kann die beobachtete Variabilität der Eulerschen zehnmonatlichen Periode in dem teilweisen Fortwirken der eben zur Sprache gebrachten Vorgänge ihren Grund haben. Wahrscheinlich hat in einer der Entwicklungsepochen der Erde einst eine bedeutende Massenumsetzung ähnlich den hier berührten Hebungen und Senkungen, oder ein anderweitiger grofser geologischer Prozefs, stattgefunden, infolge dessen eine Nichtkoinzidenz beider Achsen und damit eine mächtige Flutwelle eintrat. Allmählich wird diese Welle die Instabilität der Polarträgheitsachse wieder aufzuheben gesucht haben; mittlerweile ging die Erde aus dem flüssigen Zustande in einen dem festen näher kommenden über, die Koincidenz der Achsen ist jetzt fast erreicht, und die Störungen, die wir gegenwärtig noch in der kreisförmigen Rotation der Drehungsaxe um die Achse der Figur beobachten, sind die Reste

der ausgleichenden Bewegung. Die verschiedenen Vorgänge auf der Erde, die wir angeführt haben, wie die Ablagerungsthätigkeit der Ströme, der Vulkane, so geringfügig sie an und für sich sind, wirken durch Jahrtausende fortwährend ändernd an dem Zustande der Massenverteilung der Erde, und ihre Gesamtwirkung wird allem Anschein nach bei der Variabilität der Eulerschen Periode ihren Anteil haben. — Dafs Massenumsetzungen gewaltiger Art auf den Himmelskörpern vorkommen, und dafs darum kein Grund ist, die Erde, wenigstens was die Zeit ihrer Entwicklung betrifft, von Massenumsetzungen befreit zu denken, lehrt immer mehr das Studium der Bildungsgeschichte der Gestirne. Seit Gyldén die Theorie der Massenumsetzung mit Erfolg auf die Erklärung des Lichtwechsels der sogenannten veränderlichen Sterne angewendet hat, ist es namentlich die Sonne, bei welcher man zur Erklärung verschiedener Erscheinungen die Annahme von Massenversetzungen, wie es scheint, kaum umgehen kann. Nicht nur ist hierdurch die ungeheure, oft mit keiner anderen kosmischen Bewegung vergleichbare Schnelligkeit der Protuberanzen erklärbar, sondern es ist in neuester Zeit, wie wir in dieser Zeitschrift (VII. Bd. 281) mitgeteilt haben, auch die Möglichkeit diskutiert worden, inwiefern Massenversetzungen auf Änderungen der Wirkungsweise der Gravitationskraft einen Einflufs haben können, und wie man hierdurch wiederum gewisse beobachtete Anomalien in der Bewegung des Merkur und der Venus aufklären kann. — Die grofsen Umwälzungen, welche die Erde in ihrer Urzeit durchgemacht hat, sind durch G. H. Darwins Arbeiten theoretisch nachgewiesen worden. Ohne hier noch auf diese, übrigens höchst interessanten Resultate einzugehen, sei nur bemerkt, dafs der Zustand des Systems Erde-Mond ursprünglich ein total anderer gewesen ist als jetzt, dafs ganz aufserordentliche Veränderungen in der Bahnbewegung und in der Achsenstellung der Erde vor sich gegangen sind, dafs gewaltige Fluterscheinungen die geologischen Epochen einleiteten, und grofse Massenumsetzungen jene Schwankungen in der Drehungsachse zur Folge hatten, deren letztes Ausklingen wir vermutlich derzeit noch an den kleinen Vibrationen der Eulerschen Periode wahrnehmen.

Es knüpft sich, wie man wohl aus den bisherigen, übrigens nur die wichtigsten Betrachtungen streifenden Darlegungen ersieht, ein vielfaches wissenschaftliches Interesse an die Frage der Breitenvariation. Wie sich im Laufe der weiteren Verfolgung die Polschwankungen verhalten werden, ob sich die Perioden Chandlers bestätigen, von welcher Dauer sie sein werden, ob die Beobachtung schon bis jetzt

die Grenzen der Periodizität kennen gelernt hat, oder ob noch das Auftreten langer Perioden zu erwarten ist, welches Gesetz sich in der Gröfse des Ausschlagwinkels der Drehungsachse zeigen wird — das alles hat eine gleich grofse Wichtigkeit für die Astronomie, Geophysik, Geologie und Geodäsie. Wenn erst ein einwurfsfreies, in jeder Beziehung diskussionsfähiges Beobachtungsmaterial über den Gegenstand erlangt sein wird, dürfte man die theoretisch möglichen Ursachen der Polschwankungen einzeln und in ihrer Kombination prüfen können, wie weit sie zur Erklärung ausreichen. Dann ist voraussichtlich, dafs für die beteiligten Wissenschaften, namentlich aber für die Geophysik und Geologie, bei dem Studium der Fragen manche Erkenntnis abfallen kann. Dafs die Beobachtungskunst der Gegenwart weit genug vorgeschritten ist, um die Sicherheit der Resultate betreffs der Breitenänderungen verbürgen zu können, wird nach den Ergebnissen der Kooperation der Stationen Honolulu-Strafsburg-Berlin-Prag-Pulkowa nicht weiter zu bezweifeln sein. Es handelt sich jetzt nur darum, die Beobachtungen in geeigneter Weise, womöglich unter weiterer Erhöhung der Vorsichtsmafsregeln gegen das Einschleichen von Fehlerquellen, fortzusetzen. Die Meinungen darüber, ob eine blofse weitere Ausdehnung der Beobachtungen auf ein grofses Netz von Sternwarten hinreichend ist, oder ob die Stationen ihrer Lage nach besonders ausgewählt werden sollten, scheint noch unter den Fachleuten eine geteilte zu sein. Der Direktor der Berliner Sternwarte, Prof. W. Foerster, hatte auf der Berliner Konferenz der Erdmessung im verflossenen Herbst den Plan entwickelt, auf ein und demselben Parallelkreise mehrere möglichst gleichmäfsig von einander abstehende Stationen zu besetzen und einige Jahre hindurch mit den entsprechenden Beobachtungen zu betrauen. Als solche Stationen hatte er vier, nahe auf dem Breitenkreise von 37° 5′ n. Br. gelegene Orte, und zwar Licata in Sizilien, Shirakawa in Japan, Felton in Californien und Petersburg in Virginien, vorgeschlagen. Die Konferenz hat sich damit begnügt, dem Vorsitzenden, Prof. Helmert, eine höhere Dotation zur Verfügung zu stellen und die Anordnung des Beobachtungsprogrammes zur Weiterverfolgung der Polhöhenschwankungen seinem Ermessen zu überlassen. Welche Wege nun auch zum Ziele gewählt werden mögen, dem Freunde der Wissenschaft werden sie gleich willkommen sein, und mit Spannung wird jeder Gebildete die Fortschritte über den Gegenstand verfolgen, welche die rastlose wissenschaftliche Thätigkeit vielleicht schon in nicht ferner Zeit darzulegen im stande sein wird.

Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz.

Von Prof. Dr. **Carl Koppe** in Braunschweig.

(Fortsetzung).

III. Die Berghahnen.

Einen ganz anderen Charakter, wie die eben betrachteten normalspurigen Adhäsionsbahnen für den durchgehenden Verkehr von Personen und den Warentransport haben die eigentlichen Bergbahnen. Schon der blofse Anblick einer solchen Berghahn, wie ihn die Fig. 7 bietet, zeigt dies in markanter Weise. Keine weiten künstlichen Entwicklungen der Linie; keine gewaltigen Bauwerke. Ähnlich vielmehr einem Saumtiere mit seiner Last klimmt die Lokomotive den steilen Bergpfad hinan. Dieser folgt allen Wechseln und Windungen des Terrains und schmiegt sich seiner Oberflächen-Gestaltung möglichst vollständig an. Darin liegt das Charakteristische der Berghahnen: starke Steigungen und starke Krümmungen, um den natürlichen Terrainformationen unmittelbar folgen zu können. Die Maximalsteigung der normalspurigen Adhäsionsbahnen beträgt 1:40, d. h. auf 40 m Länge steigt die Bahn 1 m. Soll eine Höhe von 1000 m erstiegen werden, so mufs die Bahn demnach 40 000 m oder 40 km lang sein. Um mit einer solchen Steigung auf den 1140 m hohen Brocken zu kommen, müfste die Bahnlinie so lang werden, wie die Entfernung des Brockens von Braunschweig. Eine solche Bahn würde grofse Kosten verursachen und diese nicht entfernt wieder einbringen. Dasselbe gilt in erhöhtem Mafse bei höheren Bergen, und diese würden niemals Bahnanlagen erhalten haben, ohne Einführung der künstlichen Hebung durch Zahnrad und Drahtseil.

Die erste Zahnradbahn für Personenbeförderung baute Ende der sechziger Jahre der schweizerische Ingenieur Riggenbach von Vitznau am Vierwaldstädtersee auf den Rigi mit einer Steigung 1:4.

Dieser Schritt von der Maximalsteigung der normalen Thalbahn zur zehnmal gröfseren Steigung der ersten Bergbahn machte gewaltiges Aufsehen in allen Kreisen. Er war zugleich von weittragender Bedeutung nicht nur in technischer, sondern auch in ökonomiecher und volkswirtschaftlicher Hinsicht, denn einmal hat der Fremdenverkehr in den Bergen, namentlich den Alpen, seit jener Zeit einen gewaltigen Aufschwung genommen, da es auch allen denen leicht geworden ist, die erfrischende Luft und die herrliche Aussicht zu ge-



Fig. 7. **Bürgenstock-Bahn.**

niefsen, denen dies seither aus körperlichen Rücksichten versagt blieb; dann aber bildet die Erfindung Riggenbachs den Ausgangspunkt der so erfolgreich durchgeführten Bestrebungen, auch solchen Gegenden ein Absatzgebiet für ihre Waren und Produkte durch Anlage von Schienenwegen zu erschliefsen, denen die Ungunst der Terrain-Verhältnisse den Bau von Eisenbahnen für immer zu versagen schien. Ein Beispiel letzterer Art ist die Harzbahn von Blankenburg über Rübeland nach Tanne, auf welche wir später noch zurückkommen werden. Es sind inzwischen mehr als ein halbes Hundert Bergbahnen nach Riggenbachs Syetem in aller Herren Länder erbaut worden, bei uns namentlich am Rhein im Siebengebirge, dem Niederwald u. s. w.;

teilweise auch mit gröfserer Steigung und weiteren Vervollkommnungen gegenüber der ursprünglichen Ausführung am Rigi; diese bleibt aber für alle Zeiten der Ausgangspunkt der Ära der Bergbahnen, und keine der inzwischen gefundenen Verbesserungen kommt an Bedeutung dieser ersten epochemachenden Anlage auch nur annähernd gleich.

Die Betriebslänge der Bahn von Vitznau nach Rigi-Kulm beträgt 7 km bei einer Höhendifferenz von 1310 m. Die Maximalsteigung ist 25 %, die mittlere Steigung beträgt nach vorstehenden Zahlen 131/7



Fig. 8. Rigi-Bahn.

gleich 19 %. Alle Kurven haben den gleichen Radius von 180 m, während bei Normalbahnen der Minimalradius im allgemeinen 300 m ist. Mit Ausnahme einer einzigen Brücke und des vor ihr liegenden kurzen Tunnele von 75 m Länge weist die ganze Bahnanlage keine gröfseren Kunstbauten auf, ein Beweis, wie sehr überlegen die Zahnradbahn der Adhäsionsbahn ist in bezug auf Anpassungsfähigkeit an das Terrain.

So gewagt das geniale Unternehmen Riggenbachs vor seiner Vollendung erschien, so glänzend bewährte es sich sofort nach der Eröffnung der Bahn, denn der grofse Verkehr veranlafste schon in den ersten Jahren den Bau eines zweiten Geleises bis zum Kaltbad und

steigerte sich derart, dafs jährlich gegen 100000 Personen auf den Rigi befördert werden, ja mitunter 1000—1200 Personen an einem Tage mit mehr als 50 Eisenbahnzügen.

Wenige Jahre später als die Vitznau-Rigibahn, wurde die Arth-Rigibahn, Fig. 8, mit Anschlufs an die Gottbardbahn ebenfalls nach Riggenbachs System gebaut. Sie vereinigt sich bei Rigistaffel mit ihrer Vorgängerin und führt mit dieser zweigleisig nach Rigikulm auf die Höhe von 1759 m hinauf, während der höchste Punkt des Berges mit der prachtvollen Aussicht 1800 m über dem Meere liegt. Die Arth-Rigibahn hat keine gröfseren Steigungen als die Vitznau-Rigibahn, aber Kurven mit nur 140 m Radius.

Weit gröfsere Steigungen bis zu 48 % und schärfere Krümmungen mit Radien von durchgängig nur 80 m weist die Pilatusbahn auf, welche Mitte der achtziger Jahre vom Züricher Ingenieur Locher auf den alten Rivalen des Rigi gebaut wurde. Die Bahn ist 4,6 km lang und führt bis zu einer Höhe von 2069 m hinauf. Der Unterbau besteht aus einem durchlaufenden festaufgemauerten Steindamme, welcher seiner ganzen Länge nach mit Granitplatten zur Aufnahme der Schienen und der Zahnstange abgedeckt ist. Schwellen und Schienen bestehen aus Schmiedeeisen, die Zahnstangen aus Flufseisen, welches mittelst Mangan gedichtet wurde. Ganz besondere Sorgfalt wurde wegen der starken Steigung der Bremsvorrichtung gewidmet. Die Maschine besitzt 3 von einander unabhängige Brems-Systeme. Zwei derselben werden vom Lokomotiv-Führer bedient; die dritte kann unabhängig vom Führer, Heizer und Schaffner bedient werden und tritt automatisch in Funktion, sobald die Geschwindigkeit zu grofs wird, d. h. 1,2 m in der Sekunde überschreitet. Die Fahrzeit beträgt bei 1 m normaler Geschwindigkeit etwas über eine Stunde auf 4,6 km Länge. Am Rigi legt man die 7 km Bahnlänge in 80 Minuten zurück. Beide Bahnen fahren somit nicht rascher, als wie man auf ebener Erde zu gehen pflegt, und zwar aufwärts wie abwärts mit gleicher Geschwindigkeit.

Die Pilatusbahn ist von allen Zahnradbahnen mit Lokomotiv-Betrieb weitaus die steilste. Übertroffen aber wird sie in dieser Hinsicht noch von den Seilbahnen, bei denen die Steigung bis zu 60 %, d. h. mehr als 1:2 beträgt. Ein Beispiel in der Nähe des Pilatus bietet die Bahn auf den Gütsch, welche als zweigleisige, normalspurige Anlage mit Wasserübergewicht im Jahre 1885 zu dem unmittelbar oberhalb Luzern gelegenen natürlichen Stadtparke gebaut wurde. Die Länge der Bahn beträgt nur 166 m, die Höhendifferenz der Endstationen 77,6 m, die gleichmäfsige Steigung 53 %. Zwischen den Schienen liegt

zu Bremszwecken eine Riggenbach'sche Zahnstange. Der Betrieb mit Wasserlast ist ein sehr einfacher und billiger. Den Wasserkasten des oberen der beiden am Drahtseile befestigten Wagen läfst man mit Wasser volllaufen, bis er das Übergewicht über den unten am Seil befindlichen Wagen bekommt und diesen hinaufzieht, während er selbst hinabgleitet. Unten angekommen wird das Wasser ablaufen gelassen, und der obere Wagen gefüllt, bis dieser seinerseits zu schwer wird, und sich der analoge Vorgang wiederholt. Das zur Füllung der Wasserkästen benötigte Wasser wird einem von der



Fig. 9. **Beatenberg-Bahn.**

städtischen Wasserleitung gespeisten Reservoir entnommen und auf der untern Station automatisch abgelassen. Die Verständigung zwischen beiden Stationen geschieht durch elektrische Läutewerke und Telephon, ganz ähnlich wie bei der Beatenbergbahn, Fig. 9, welche die gleiche Anlage, aber mit gemeinsamer Bremsschiene für die Geleise hat.

Steht die Wasserkraft nicht so unmittelbar zur Verfügung und Verwertung als Wasserlast, wie im vorliegenden Falle, so verwandelt man sie in elektrische Energie, welche eine bequemere Weiterführung und Regulierung der Fahrt von den Stationen aus gestattet.

Luzern gegenüber liegt, vom See umspült und in saftiges Grün gekleidet, der Bürgenstock, nicht ohne Grund eine Perle des Vierwaldstätter

Sees genannt. Eine elektrische Seilbahn (siehe Fig. 7) führt seit dem Jahre 1888 vom See direkt zu ihm hinauf. Sie beginnt beim Dörfchen Kehrsitten und führt mit starker Steigung, welche bis zu 60 % anwächst, auf die Höhe, während gleichzeitig auch die Bahnachse ihre Richtung ändert, sodafs diese eine Schraubenlinie vorstellt. Der Unterbau besteht auch hier, wie bei der Pilatusbahn, aus einer durchlaufenden 1,5 m breiten Mauer, in deren obere Fläche die Schwellen, die Stahlschienen und eine Zahnstange eingelassen sind. Letztere dient aber nicht zum Lokomotiv-Betrieb mit Zahnrad, sondern lediglich als Sicherheits-Vorrichtung zum Bremsen. Jeder Wagen hat zwei Zahnräder, welche unabhängig von einander von Hand und durch automatisch wirkende Apparate gebremst werden können. Auf jedem Wagen befindet sich ein Kondukteur, welcher durch die erwähnten Bremsen die Fahrgeschwindigkeit jeden Augenblick nach Belieben und Bedürfnis zu regulieren vermag. Er kann durch elektrische Leitung mittelst des Telephondrahtes und der Schienen sich jeden Augenblick mit dem an der oberen Station befindlichen Maschinisten verständigen. Die bewegende Kraft wird mittelst einer Turbine einem mehrere Kilometer entfernten Bergwerke entnommen, durch Dynamomaschinen umgesetzt in elektrische Energie, welche ihrerseits grofse Seilrollen in Bewegung setzt, um welche das Drahtseil, an dem die Wagen hängen, gerollt ist. Die Fahrt dauert nur wenig mehr als eine Viertelstunde bei einer Bahnlänge von rund 1 km.

Bei allen Drahtseilbahnen, welche seither in grofser Zahl gebaut wurden und zur Personenbeförderung im Gebirge, in grofsen Städten mit steilen Strafsen etc. in Betrieb sind, hielt man aus Sicherheitsrücksichten die Anbringung einer Zahnstange für notwendig, um durch momentanes starkes Bremsen Unfällen irgend welcher Art vorbeugen zu können. Neuerdings aber hat man auf einem anderen, billigeren Wege die gleiche Sicherheit des Betriebes erzielt, und zwar durch automatisch wirkende Bremszangen, welche gegen die Schienen angeprefst den Wagen sofort und mit aller Sicherheit zum stehen bringen. In der Nähe von Stans, dem Hauptorte des Kanton Unterwalden, liegt weithin sichtbar das Stanserhorn, welches nur mühsam zugänglich, trotz seiner herrlichen Aussicht nur wenig besucht wurde. Neuerdings führt zu seiner sonnigen und aussichtsreichen Höhe eine elektrische Seilbahn hinauf, welche an Bequemlichkeit und Sicherheit nichts zu wünschen übrig läfst. Die ganze Bahnanlage besteht aus drei Abteilungen, von denen jede ihre eigene Betriebsstation hat, welche ihrerseits die elektrische Kraft von einer zentralen Turbinenanlage in

Buoche erhalten. Die Fabrzeit beträgt circa dreiviertel Stunden, in welcher Zeit die Reisenden bis zur Höhe von 1850 m über dem Meere hinaufbefördert werden, und zwar zum Preise von 8 Frcs. für Hin- und Rückfahrt. Das Retourbillet auf den Rigi mit 1800 m Höhe kostet hingegen 12 Frcs. Die Dauer der Fahrt und der Preis sind somit wesentlich vermindert. Dieser Fortschritt wurde vornehmlich dadurch erzielt, dafs die sonst allgemein als notwendig erachtete Zahnschiene hier durch eine andere, allen Anforderungen entsprechende Bremsvorrichtung ersetzt ist. Zwei am Wagen angebrachte Bremszangen umfassen die mit konischem Kopfe gewalzten Schienen und klemmen bei einem etwa vorkommenden Bruche des Drahtseiles den Wagen automatisch fest. Ein drittes Zangenpaar kann von den beiden Plattformen des Wagens aus mittelst Handrad festgeklemmt werden, um auch dann Sicherheit zu gewährleisten, wenn aus irgend einem Grunde die automatisch wirkenden Bremsvorrichtungen nicht richtig funktionieren sollten, dem jedoch auch im Notfalle vermittelst eines Fufstritthebels nachgeholfen werden kann. Die ausgeführten Bremsproben entsprechen allen Anforderungen vollständig trotz der starken Steigungen bis zu 60%. Selbst in den ungünstigsten Fällen genügte eine Bremse für sich allein, den vollbelasteten Wagen ganz nach Wunsch zum stehen zu bringen. Die Billigkeit des Betriebes und der geringe Materialverbrauch gestatten die oben bereits erwähnte Ermäfsigung des Fahrpreises auf $^2/_3$ gegenüber dem Rigi, trotzdem die erreichte Höhe des Berges eine gröfsere ist.

Die Zahnradbahn nach Riggenbachs System war als Bergbahn zunächst nur für den Personentransport bestimmt. Dieselbe auch für den Waren- und Materialtransport geeignet gemacht, und damit solche Gegenden dem Handel und Verkehr erschlossen zu haben, für welche die Anlage von Adhäsionsbahnen sich nicht rentiert haben würde, ist das Verdienst des schweizerischen Ingenieurs Roman Abt. Solange eine Bergbahn ausschliefslich auf die Zahnstange angewiesen ist, wird der Betrieb unvorteilhaft werden, sobald im Terrain steile Hänge mit schwach geneigten oder ebenen Stellen abwechseln, wo die einfache Adhäsion zur Weiterbeförderung ausreichen würde. Ein solcher Wechsel ist aber in der Natur vorherrschend in Gebirgsthälern, welche meist an einzelnen Stellen wie Thalstufen etc. grofse Steilheit zeigen, im übrigen aber oft nur geringere Neigung aufweisen, und namentlich auch beim Übergange von einem Thal zum andern über Wasserscheiden und Pässe. In solchen Gegenden wird eine Eisenbahn am rationellsten betrieben werden können, wenn sie dem Terrain entsprechend

teils als Zahnrad-, teils als Adhäsions-Bahn ausgeführt ist, vorausgesetzt, dafs dieselbe Lokomotive für beide Bahnsysteme geeignet und verwendbar ist, denn dann braucht die Bahnanlage nur an den Stellen mit Zahnstange ausgerüstet zu werden, wo die Adhäsion allein nicht ausreichend ist, während dieselbe auf der ganzen übrigen Strecke fortfallen kann. **Roman Abt** konstruierte daher eine Lokomotive für beide Bahnsysteme und Betriebe. Er gab ihr besondere Cylinder und Räder sowohl für die Adhäsionsbahn, wie auch für den Zahnradbetrieb. Die zu erfüllende Bedingung war, dafs die Lokomotive keinen zu



Fig. 10. **Harz-Bahn.**

komplizierten Mechanismus erhielt, dafs sie eine gute Adhäsionsmaschine blieb, ohne wesentliche Beeinträchtigung in dieser Eigenschaft durch den Zahnradmechanismus. Dieser mufste in bezug auf Behandlung, Legung und Unterhaltung der Zahnstangenstrecke eben so einfach und handlich sein, wie der gewöhnliche Oberbau, um sich dem Terrain thunlichst anzupassen und einen möglichst ökonomischen Betrieb zu gestatten. Diese Bedingung hat **Roman Abt** durch seine Lokomotive und Zahnstangen-Konstruktion, von denen die erstere zwei Stufenräder mit verschränkten Zähnen hat, während die letztere aus 3 Lamellen mit entsprechenden Zähnen besteht, in so vollkommenem Mafse erfüllt, dafs durch diese Verbindung beider Systeme ein Transportmittel von weittragendster Bedeutung geworden ist, wegen der

weit billigeren Anlage bei für viele Verhältnisse und Gegenden ausreichender Betriebssicherheit und Leistungsfähigkeit. Das beweisen die vielen nach Ahts gemischtem Systeme seither ausgeführten Bahnanlagen in allen Weltteilen.

Die erste derartige Bahn wurde im Harze gebaut von Blankenburg nach Rüheland und Tanne auf Veranlassung des Geh. Baurates Schneider. Fig. 10 zeigt die Zahnstange, vorn mit einer federnden Zunge versehen, um den Eingriff des Zahnrades der Lokomotive gleichmäfsig und ruhig zu gestalten. Nur wenige Reisende werden den



Fig. 11. Harz-Bahn.

Übergang von der Adhäsionsbahn zur Zahnradbahn oder umgekehrt in irgend einer Weise während der Fahrt bemerken. Die Bahn erschliefst den Bergwerks- und Hüttenprodukten des Bodethales und den Waldungen der anliegenden Harz-Berge ein Absatzgebiet, Fig. 11, welches durch Anlage einer normalen Adhäsionsbahn nicht zu erzielen gewesen wäre, wegen der damit verbundenen hohen Kosten.

Die Harzbahn wurde 1879 begonnen und am 1. Juni 1882 eröffnet. Sie kostete pro Kilometer nicht den achten Teil im Vergleich zu einer normalen Adhäsionsbahn im Hochgebirge, welche wir früher besprochen haben, und wenn das Harzgebirge in bezug auf die Schwierigkeiten, welche es dem Bahnbaue entgegenstellte, auch nicht entfernt mit den Schweizer Alpen zu vergleichen ist, so läfst

sich doch auch dort unter Umständen eine bedeutende Geldersparnis in bezug auf die Anlagekosten erzielen, wie dies die Bahn von Luzern nach Meiringen über den Brünigpafs, die nach Abt'schem System ausgeführt worden ist, deutlich beweist.

Zahlreiche weitere Bahnen sind seit jener Zeit nach Abt's System gebaut worden, unter anderen auch die höchste Berg-Bahn der Welt auf den Pike's Peak im Felsengebirge Colorados, einem der höchsten Berge in den Vereinigten Staaten Nordamerikas, 4331 m hoch, d. h. nahezu vier Mal so hoch wie der Brocken.

Als Ende der fünfziger Jahre das Gerücht von grofsen Goldfunden im Felsengebirge in der Nähe des Pike's Peak sich verbreitete, entstand eine förmliche Völkerwanderung zu jenen Gegenden. Weithin sichtbar, diente die Spitze des Berges als Wahrzeichen für die Goldgräber, die jedoch nach vergeblichem Suchen nach Schätzen bald enttäuscht wieder abzogen. Einige derselben aber blieben, bewässerten das Land und machten es fruchtbar. Das Klima ist herrlich. Es entstanden Dörfer und Städte, welche sich rasch entwickelten. Wo wilde Indianer noch vor wenigen Jahrzehnten ihre Jagdgründe hatten, liegen heute mit allem Komfort und Luxus ausgestattete Badeorte, vornehmlich Manitou am Fufse des Pike's Peak in reizender und geschützter Lage, seiner heilbringenden Mineralwasser-Quellen und des äufserst angenehmen und gesunden Klimas halber jährlich von etwa 50000 Badegästen und Touristen besucht. Den beliebtesten Ausflug bildet eine Besteigung des Pike's Peak. Von Manitou führt ein guter Reitpfad hinauf, welcher eine Besteigung des Berges nur ermüdend, aber sonst leicht und gefahrlos macht. Um Manitou zu überflügeln, baute Cascade Cañon, ein wenige Meilen westlich gelegener Badeort, eine Fahrstrafse hinauf von 27 km Länge, welche die zu einer Tour auf den Gipfel und zurück erforderliche Zeit von 10 Stunden zwar nicht wesentlich abkürzte, aber die Besteigung müheloser machte. Manitou antwortete mit Anlage einer Zahnradbahn nach Abt'schem System mit einer Maximalsteigung von nur 25 %, durch welche jetzt Tausende von Touristen alljährlich auf den Gipfel des Pike's Peak hinaufbefördert werden, da die Fahrt hin und zurück kaum zwei Stunden beansprucht.

Die klare durchsichtige Luft, das beständig schöne Wetter während der Sommermonate und die dominierende Lage des Berges, auf dessen Gipfel eine entzückende Rund- und Fernsicht dem Auge sich darbietet, erklären den in jedem Jahre zunehmenden Fremdenverkehr.

Die Bahn auf den Pike'e Peak wird vorauesichtlich in kurzer Zeit überholt werden durch neue und sehr kühne Bergbahnen in der Schweiz, sowohl was Höhe wie auch Kühnheit der Anlage betrifft Der Pike's Peak hat keine Gletscher und keinen ewigen Schnee, entsprechend seiner geographischen Lage unter 37⁰ Breite, welche auch in bezug auf das Klima derjenigen von Südspanien entspricht. Der Bau der Bahn hot daher auch keine aheonderlichen Terrainschwierig-

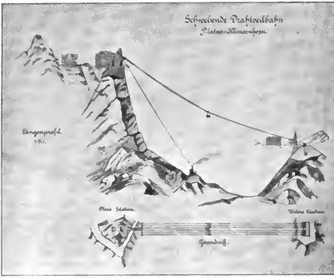


Fig. 12. **Schwebende Drahtseilbahn. Pilatus-Klimsenhorn.**

keiten, wie das Hochgebirge der Alpen und Bahnen auf den Mont Blanc, das Matterhorn und die Jungfrau.

Bevor wir jedoch zur Betrachtung dieeer jüngsten Projekte und Unternehmungen der Neuzeit übergehen, soll ein Bahnprojekt noch kurz erwähnt werden, welchee in der Schweiz viel Aufsehen erregte und nur eines unvermuteten Zwischenfallee halber einstweilen zurückgeetellt worden ist, die echwebende Drahtseilbahn von Pilatus-Culm nach dem Climeenhorn. Der spanieche Ingenieur Torree hatte zu den Vorarbeiten für dieselhe bereits die Kouzeesion vom eohweizerischen Bundesrate erhalten, und das ganze Projekt lag ausgearbeitet vor. Torres wollte, Fig. 12, zur direkten Beförde-

rung der Besucher des Pilatus, auf welchen die Loebersche Zahnradbahn hinaufführt, von Pilatus-Culm nach dem Känzli am Climsenhorn sechs starke Kabel parallel neben einander ausspannen, jedes einzelne für sich mit einem Gewichte gleichmäfsig angespannt und vorher auf seine Tragfähigkeit genau geprüft. Auf diesen Kabeln läuft mittelst sechs Rollen eine Achse, welche den Tragkorb für die Passagiere trägt. Dieser kann mit einem Laufseile durch einen weiter unten aufgestellten Dampfmotor hinaufgezogen werden von der unteren Station nach der oberen, und ebenso wieder hinunterbefördert werden. Jedes Kabel ist für sich stark genug, den Tragkorb mit seiner Last zu tragen. Das Reifsen eines oder selbst mehrerer Kabel wird somit keinen Unglücksfall herbeiführen können, und das gleichzeitige Reifsen so vieler Kabel, dafs die sichere Führung des Tragkorbes gefährdet sein würde, erscheint ausgeschlossen. Reifst aber einmal das Leitseil, so kommt die Laufachse und mit ihr der Korb durch automatisch wirkende Bremsvorrichtungen sofort zum halten. Löst der im Korbe stets die Reisenden begleitende Ingenieur diese Bremsen, so gleitet der Korb langsam zur unteren Station hinab mit einer Geschwindigkeit, welche sich nach Belieben regeln läfst. Somit schienen alle Sicherheitsmafsregeln vorhanden zu sein, um jeden denkbaren Unglücksfall auszuschliefsen, zumal derartige Bahnen bereits anderwärts in Betrieb waren und sicher funktionierten; beispielsweise bestand eine solche schwebende Drahtseilbahn in Neu-Seeland und hatte elf Jahre hindurch ihre Passagiere ohne jeglichen Unfall über einen Flufs befördert, in einer Höhe von 15 m über dem Wasserspiegel. Da rifs im vergangenen Jahre das Leitseil. Der Tragkorb wurde sofort gebremst und stand still. Als man ihn aber vorsichtig lösen und hinabgleiten lassen wollte, bewegte er sich nicht und war nicht von der Stelle zu bringen. Das gerissene Leitseil hatte sich so fest zwischen die sechs Tragkabel verschlungen und verknotet, dafs alle Anstrengungen und Versuche, den Korb frei zu machen, nichts fruchteten. Schliefslich mufsten die Passagiere einzeln aus dem Tragkorbe an Seilen in unten haltende Nachen hinabgelassen werden. Da die Höhe nur 15 m betrug, konnte dies ohne zu grofse Schwierigkeiten und ohne Unfall ausgeführt werden, aber am Pilatus würde ein solches Ereignis bedenklichere Folgen nach sich ziehen können; daher ist das Projekt einer schwebenden Drahtseilbahn, mit welcher ihn der spanische Ingenieur beglücken wollte, einstweilen zurückgestellt worden, bis auch dieses Hindernis beseitigt und der erwähnte Zwischenfall vergessen sein wird.

Weit grofsartigere Unternehmungen, als die früher besprochene Bahnanlage auf den Pike's Peak in der neuen Welt, sind die projektierten Bahnen auf den Mont Blanc, das Matterhorn und die Jungfrau, von denen jedoch nur die letztere der Verwirkliohung so nahe gerückt ist, dafs ihre Ausführung im Ansohlufs an die Berner Oberlandsbahnen gesiohert erscheint.

Ein von dem französischen Ingenieur Issartier ausgearbeitetes Projekt einer Mont Blanc-Bahn geht dahin, vom Miagepafs aus, oberhalb Saint-Gervais, in einer Höhe von 1800 m über dem Meere einen Tunnel von 7400 m Länge zu bohren und von dessen Ende aus unmittelbar einen senkreohten Schacht von 12 m im Quadrat und 2800 m Höhe zu bauen, um durch Aufzüge in ihm die Reisenden direkt auf den Gipfel zu befördern, der infolge der Anlage des Jansensohen Observatoriums in letzterer Zeit viel besucht und besprochen worden ist. Die Bauzeit ist auf 10 Jahre, der Kostenbetrag auf 10 Millionen Francs berechnet worden, runde Zahlen, welohe dem provisorischen Charakter des ganzen Projektes entsprechen.

Etwas festeren Halt haben die Bahnprojekte auf den Gornergrath und das Matterhorn. Die kühne Pyramide des letzteren hat eine Höhe von 4485 m oder rund 4500 m, ist somit noch 100 bis 200 m höher als der Pike's Peak. Sie bietet einen prachtvollen Rundblick auf die grofsartige Hochgebirgswelt ringsum, besonders die gewaltigen Felsen und Gletscher des Monte Rosa. Die Ausführung einer Bahnanlage auf diese steile Bergpyramide würde vor wenigen Jahrzehnten noch als ein abenteuerliches Hirngespinnst erschienen sein; jetzt liegt das Projekt ausgearbeitet und vom schweizerischen Bundesrate konzessioniert vor. Zunächst handelt es sioh um Herstellung der Bahn auf den Gornergrath, welche im nächsten Jahr in Angriff genommen werden soll.

Das Matterhorn-Projekt hat in mehrfacher Hinsicht Ähnliohkeit mit den zuerst für die Jungfrau-Bahn geplanten Bahn-Anlagen, welohe gegenwärtig durch das Guyer-Zellersche Projekt ersetzt sind.

Im Jahre 1889 wurden dem sohweizerischen Bundesrate nahezu gleiohzeitig zwei Projekte für eine Jungfraubahn zur Konzessionierung eingereicht, das eine von dem früheren Gotthardbahn-Ingenieur Trautweiler, das andere von dem Züricher Ingenieur Köchlin, der beim Bau des Eifel-Turmes mit thätig gewesen war.

Trautweiler führt seine Bahnlinie aus dem Lauterbrunner Thale von Stegmatten beginnend in 4 Tunnels und nahezu direkter Richtung

bis unmittelbar unter den Gipfel der Jungfrau. Die Längen und die Steigungen der Tunnels sind

	Länge	Steigung
1. Tunnel	1380 m	98 %
2. „	1840 „	48 „
3. „	1880 „	67 „
4. „	1440 „	33 „
Ganze Länge =	6540 m	

Der erste Tunnel weist eine sehr starke Steigung auf von 98 % oder nahezu 1 : 1. Um bei derartigen Neigungen den Betrieb vor Unfällen vollständig sicher zu stellen, genügen die gewöhnlichen Bremsvorrichtungen der offenen Zahnrad- und Seil-Bahnen nicht. Im Tunnel aber liegen die Verhältnisse weit günstiger als auf der offenen Bahnstrecke, denn in seinem Innern können automatisch wirkende Fang- und Bremsvorrichtungen benutzt werden, ähnlich wie bei Bergwerksbetrieben in stark geneigten und lotrechten Schächten. Trautweiler baut daher seinen 5 m langen Personenwagen so, dafs er das Tunnelprofil nahezu ausfüllt. Er versieht ihn mit beweglichen Ansätzen und Flügeln, welche von Hand und automatisch stellbar, den Tunnel vollständig abschliefsen können. Indem er die untere Öffnung des betreffenden Teilstückes der Bahn durch starke Thüren mehrfach verschlossen hält, stellt er einen Luftpuffer her, welcher ein Abwärtsgleiten des Wagens mit einer zu grossen Geschwindigkeit unmöglich macht, ja mit Hilfe der beweglichen und automatisch wirkenden Flügel hat er es in der Hand, dem Wagen eine ganz bestimmte Geschwindigkeit zu geben, welche nicht überschritten werden kann. Der Umstand, dafs der Wagen den Tunnelquerschnitt beinahe vollständig ausfüllt, braucht zu einem unbeabsichtigten Festklemmen desselben keine Veranlassung zu geben, da, um dies zu vermeiden, der nötige Spielraum gewahrt bleiben kann, wie solches auf den unterirdischen Bahnen in London, wo ähnliche Verhältnisse vorliegen und ein sehr bedeutender Personenverkehr bewerkstelligt werden mufs, der Fall ist. Trautweiler rechnet darauf, pro Tag 300—400 Personen, in einem Sommer 30—40 000 Reisende auf die Jungfrau befördern zu können. Der vierte Teil würde genügen, um bei einem Fahrpreise von 65 Frcs. die Anlagekosten im Betrage von 5—6 Millionen Frcs. zu rentieren. Die Fahrgeschwindigkeit kann rund 1 m pro Sekunde betragen, sodafs sowohl die Bergfahrt wie die Thalfahrt $1\frac{1}{2}$—2 Stunden in Anspruch nehmen würden. An den Zwischen-Stationen der 4 Tunnels, welche durch Galerien mit der Oberfläche des Berges in Verbindung stehen,

bietet sich den Reisenden eine immer grofsartiger und umfassender werdende Aussicht, eine angenehme Unterbrechung der langen Tunnelfahrt.

Das Projekt des Ingenieurs Köchlin besteht aus zwei Teilen. Den ersten bildet eine gewöhnliche Schmalspurbahn bis Lauterbrunnen und von dort weiter der weifsen Lütschine folgend bis zur Station der Bergbahn auf einer Höhe von 870 m. Für die eigentliche Bergbahn kann Zahnradbetrieb, ähnlich dem am Pilatus, oder Seilbahnbetrieb angewendet werden, je nachdem der eine oder der andere sich durch die weitern Vorarbeiten als vorteilhaft erweist. Die Bahn zerfällt in 5 Stücke, welche die folgenden Längen und Steigungen haben:

	Länge	Steigung
1. Stück	1269 m	57 %
2. „	1267 „	55,5 „
3. „	1349 „	59 „
4. „	1233 „	59 „
5. „	1189 „	59 „
	6316 m	

Ein grofser Teil der Bahn liegt auch hier dem Charakter der Hochalpen entsprechend in Tunneln. Auf der obersten Station, welche bei 4045 m Höhe projektiert ist, wird eine Gasthofsanlage zum Schutze und zum Aufenthalt der Reisenden in den Fels gesprengt, da auf der natürlichen Spitze der Jungfrau nur wenige Personen Platz haben. Diese Station erhält zugleich auch eine Ausrüstung für wissenschaftliche Beobachtungen meteorologischer und astronomischer Natur.

Die Maximalsteigung der Bahnanlage nach Köchlin beträgt noch nicht ganz 60%, bleibt somit noch unter der als zulässig erkannten obern Grenze bei bestehenden Seilbahnen. Die Kosten der Anlage sind aber wesentlich höher als bei dem Trautweilerschen Projekte. Köchlin nimmt an, es werde der vierte Teil aller Reisenden, welche Interlaken besuchen, auch eine Fahrt auf die Jungfrau unternehmen. Das wären jährlich gegen 30 000 Personen. Unter diesen Umständen würden sich die auf 9—10 Millionen Frcs. berechneten Baukosten bei einem Fahrpreise von 35 Frcs. mit 7,5 % verzinsen. Köchlin nimmt somit eine 3—4 mal so hohe Besucherzahl an wie Trautweiler und gelangt daher bei den doppelten Anlagekosten zum halb so hohen Fahrpreise.

Als die beiden vorgenannten Projekte an die Öffentlichkeit traten, wurden von verschiedenen Seiten, von Technikern und Laien, Bedenken gegen dieselben zum Ausdrucke gebracht. Die einen wollten aus

ästhetischen Rücksichten einen Eisenbahnbau auf den Gipfel der Jungfrau durch das Veto des Bundesrates verhindert sehen, die anderen erklärten die Anlage einer solchen Bahn für eine technische Unmöglichkeit. Die Ingenieure liefsen sich durch solche Einwände, die meist nur eine sehr schwache sachliche Begründung hinter sich hatten, wenig beirren. Im folgenden Jahre schon stellte Ingenieur Locher, der Erbauer der Pilatusbahn, ein neues, eigenartiges Projekt auf, veranlafst vornehmlich durch das Bestreben, die Fahrzeit, welche eine Tour auf die Jungfrau nach den Vorschlägen von Trautweiler und Köchlin erfordert, thunlichst abzukürzen. Locher bemerkt ganz richtig, dafs eine Tunnelfahrt von 2 Stunden Dauer, und zwar sowohl hinauf wie hinunter, sicherlich keine angenehme Zugabe sei, welche viele Reisende von einem Besuche der Jungfrau abschrecken werde, zumal bei der rasch wechselnden Bewölkung ihres Gipfels klares Wetter beim Beginn der Fahrt durchaus keine Garantie biete, oben nicht im Nebel anzukommen. Die verhältnismäfsig geringe Anzahl von Tagen mit klarer Fernsicht werde sich bei entsprechend kürzerer Fahrzeit viel ergiebiger ausnutzen lassen. Locher projektiert daher die Anlage einer pneumatischen Bahn nach Analogie der Rohrpost und der pneumatischen Untergrundbahnen, wodurch die Fahrzeit auf $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde abgekürzt werden würde. Seine Bahnanlage besteht aus einem zweiteiligen Tunnel, der in gerader oder ganz schwach nach abwärts gekrümmter Linie von der Thalsohle oberhalb Lauterbrunnen direkt nach dem Gipfel der Jungfrau führt. Der Tunnel enthält zwei neben einander liegende gemauerte runde Röhren von je 3 m innerem Durchmesser. In jeder dieser Röhren befindet sich ein zylindrischer Wagen von etwa 20 m Länge mit je 50 Sitzplätzen. Jede auszementierte und genau nach der Schablone mit kreisrundem Querschnitt hergestellte Tunnelröhre erhält drei Laufschienen, zwei unten und eine oben im Scheitel. Der zylindrische Wagen pafst genau in die Tunnelröhre und ist als ein Kolben anzusehen, welcher durch den Druck der Luft von unten nach oben hinauf befördert werden kann. Hierzu ist es nur notwendig, nach Einführen des Wagens den Tunnel unten zu schliefsen und durch Kompressoren, bezw. Ventilatoren, Luft hinein zu pressen, nachdem auch der Wagen an seiner unteren Seite und gegen die Tunnelwand luftdicht abgeschlossen wurde. Bei den von Locher vorgeschlagenen Mafsen genügt der Überdruck von $^1/_{10}$ Atmosphäre, den Kolbenwagen, welcher oben für den freien Luftzutritt von der Bergseite aus offen ist, mit samt den Insassen mit der Geschwindigkeit unserer Güterzüge von etwa 30 km in der Stunde sanft gleitend hinauf zu befördern.

Das Mafs der Bewegungsgeschwindigkeit kann durch Bremevorriobtungen beliebig reguliert werden, und ein Unfall durch zu rascbee Abwärtsgleiten eines Wagene erscheint abeolut ausgeschloeeen, da das Luftkiseen diesee verhindert. Dae einzige Bedenken, dafs ein Wagen in einer Tunnelröhre sich derart einkeilte und festklemmte, dafs er nicbt rechtzeitig wieder frei gemacbt werden könnte, beseitigt Locber durch Anlage von Querschlägen zwiechen beiden Tunnelröhren, welche durch Wetterthüren luftdicht verschloseen, aber im Bedarfsfalle leicht geöffnet werden können Im Falle, dafs sich ein Wagen ungebührlich feetklemmen sollte, brauchen die Passagiere nur am nächeten Querschlage umzueteigen. Locher führt weiter aus: „Wenn für eine Fahrt eelbst 15 Minuten erforderlich eind, und für das Ein- und Auesteigen weitere 15 Minuten hinzugerechnet werden, eo kann ein Wagen in einer Stunde die Hin- und Herfahrt vollenden, und es können somit durch die zwei Wagen etündlich 100 Personen hinauf und hinab befördert werden. Zur Fahrt von Interlaken auf die Jungfrau wird es nicht mehr als einer Stunde bedürfen, eine halbe Stunde von Interlaken nach Lauterbrunnen, und eine balbe Stunde auf den Berg. Verspricht abends um 6 Uhr der Sonnenuntergang echön zu werden, so kann man von Interlaken aus noch binaufgelangen und ist abends um 10 Uhr wieder zu Hause. Um den Sonnenaufgang zu geniefsen, ist es nicbt nötig, auf dem Berge zu übernacbten; man bleibt in Lauterbrunnen und fährt am Morgen, eofern es hell iet, $^1/_2$ Stunde vor Sonnenaufgang hinauf. Damit iet ein Stück der Hôtelfrage auf der Jungfrau gelöet; es bedarf oben nur einer Reetauration und geechützter Galerien für einige bundert Personen, was berzustellen nicht gerade leicbt, aber unbedingt möglicb ist."

Die Locbersche Jungfraubahn wird rund 6 km lang, d. h. eben so lang wie die von Trautweiler und Köcblin projektierten Bahnen, aber da dieeelbe zwei vollständiger und eehr genau auegearbeiteter Tunnelröbren bedarf, so werden ihre Herstellungskesten entsprechend höher, und mit ihnen steigt zugleich der Fahrpreis, wenn die Bahnanlage rentieren soll.

Die vorstehend besprocbenen Projekte eind der Natur der Sache nach nur als generelle Voranschläge zu betrachten. Um sich nicht gegeneeitig Konkurrenz zu macben, fand im Frühjahr 1891 eine Einigung zwischen den 3 Bewerbern statt. Der Bundesrat erteilte ihnen die Konzession zum Bau und Betrieb einer Jungfraubabn unter der Bedingung, dafs vor Genebmigung der Detailpläne eeitens der Unternehmer durch Versuche nachgewiesen wird, dafs der Bau und

Betrieb der Bahn in Bezug auf Leben und Gesundheit der Menschen keine ausnahmsweisen Gefahren nach sich ziehen werde.

Hiernach konnte mit den detaillierten Vorarbeiten und der Bahnanlage begonnen werden, sobald das nötige Bau-Kapital zusammengebracht war. Dies machte jedoch Schwierigkeiten wegen der ungünstigen allgemeinen Finanzlage. Daher stellten im Frühjahre 1892 zwei leitende Ingenieure der Berner-Oberlandsbahn, E. Strub und Hans Studer in Interlaken, ein anderes Bergbahnprojekt auf, welches billiger zum Ziele führte und, wenn auch nicht auf die Jungfrau, so doch wenigstens auf den Eiger. Dieser Berg ist 3975 m hoch, somit nahe 200 m niedriger als die Jungfrau, bietet aber gleichfalls eine herrliche Rundsicht über die Riesen der Hochgebirgswelt. Da die Station Kl. Scheidegg der inzwischen gebauten Wengernalpbahn schon auf einer Höhe von 2064 m über dem Meere liegt, so ist von ihr aus ein weit geringerer Höhenunterschied zu überwinden, um auf den Gipfel des Eigers zu gelangen, als vom Lauterbrunner Thale aus auf die Jungfrau. Hierzu kommt, daſs die Strecke bis zum Rothstock auf 2355 m Höhe der günstigen Steigungs- und Terrainverhältnisse halber die Anwendung bezw. Fortsetzung des Betriebssystems der Wengernalp-Bahn, d. h. Anlage einer Zahnradbahn mit 25 % Maximal-Steigung gestattet. Die folgende Bergstrecke wird mit zwei unterirdischen Drahtseilbahnen längs des westlichen Kammes des Eigers betrieben und führt nahezu geradlinig zu seiner Spitze hinan. Die Umsteigestationen werden zugleich Aussichtsstationen, zu welchem Zwecke sie mit der Bergoberfläche durch Seitenstollen verbunden sind. Die Anlage der zwei Zwischenstationen ermöglicht Seilbahnen mit Kabeln von zulässigem Sicherheitsgrad und erhöht die Leistungsfähigkeit der Bahn. Die Station Rothstock liegt, wie erwähnt, auf 2355 m, die erste Zwischen-Station auf 2990 m, die zweite Zwischen-Station auf 3470 m und die Station Eiger auf 3970 m Höhe über dem Meere. Die Terrain-Verhältnisse gestatten, die vom Eisenbahn-Departement für Seilbahnen festgesetzte zulässige Maximalgrenze von 60 % überall festzuhalten. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 1 m in der Sekunde und Hinzurechnung der nötigen Zeit zum Umsteigen, können in der Stunde zwei Fahrten ausgeführt werden, da die ganze Länge der Drahtseilbahn nur 2,8 km beträgt. Entsprechend dieser geringen Länge der Bergbahn werden die Baukosten nur 4 Millionen Frcs. betragen, und es kann die Tour auf den Eiger für den Preis von 20 Frcs. ausgeführt werden.

Wesentliche Vorteile dieses Eigerbahnprojektes sind die geringen

Anlagekosten und die infolgedessen niedrig gestellten Fahrpreise. Dieselben sind für den Hin- und Rückweg nach den zwei Zwischenstationen, welche ebenfalls eine prächtige Aussicht bieten, auf nur 8 Frcs., bezw. 14 Frcs. festgesetzt, wonach es jedem freisteht, für wenig Geld einen Teil der Bergfahrt mit zu machen, um den auch an den Zwischenstationen gebotenen prachtvollen Ausblick zu genießen. Der ganze Strom der Reisenden wird aber über Station Wengernalp bezw. Kl. Scheidegg, geführt, d. h. den Betriebsergebnissen dieser bestehenden Bahnanlage zu gute kommen.

Bei solch günstigen Bau- und Betriebsverhältnissen war es nicht zu verwundern, dafs die Eigerbahn mehr Aussicht auf baldige Verwirklichung bot, wie die Jungfraubahn, der sie so zu sagen den Boden unter den Füfsen entzog, nachdem die Berner-Oberlandsbahnen die Konzession zum Bau derselben erhalten hatten, der auch baldigst in Angriff genommen werden sollte.

So standen sich zwei grofsartige Bergbahn-Projekte als Rivalen gegenüber, denn trotz der vielen Vorteile der Eigerbahn auf der einen Seite konnte doch kaum bezweifelt werden, dafs mit den Fortschritten der Technik auch eine Bahn auf die Jungfrau ihrer Verwirklichung immer näher rücke, und dafs dieselbe, wenn einmal ausgeführt, eine dominierende Rivalin werden würde.

Diese Gefahr einer für beide Unternehmungen vielleicht verderblichen Konkurrenz beseitigte Guyer-Zeller, Präsident der Schweizerischen Nordostbahn, durch sein kombiniertes Projekt einer Eiger-Mönch-Jungfrau-Bahn, welches gegenwärtig im Vordergrunde des Interesses steht, nicht nur, da es die meiste Aussicht auf Verwirklichung hat, sondern noch mehr, weil es ganz neue Gesichtspunkte eröffnet, als erste Hochgebirgsbahn zur Erschliefsung eines der grofsartigsten Gletschergebiete der Schweiz.

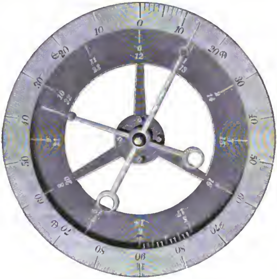
(Schlufs folgt.)

Mittheilungen

Amerikanische Sucherkreise für Äquatoreale.

Eine dem praktischen Astronomen sicherlich sehr willkommene Neuerung an der Montierung grofser Äquatoreale ist seit kurzer Zeit von der Washingtoner Firma **Fauth & Cie.** eingeführt worden, um die Einstellung eines grofsen Fernrohrs auf einen bestimmten Punkt des Himmels zu erleichtern. Schon seit längerer Zeit pflegen die Präzisionsmechaniker bei gröfseren Äquatorealen am einen Ende der sogenannten Stundenachse ein eingeteiltes Zifferblatt anzubringen und gleichzeitig die Drehung des Fernrohrs um diese Hauptachse mit Hilfe eines Zahnradgetriebes von der Säule aus zu ermöglichen, eine Einrichtung, wie sie beispielsweise auch der grofse Zwölfzöller der Urania (vgl. die Abbildung in Bd. II, S. 269) zeigt. Trotzdem war die Richtung des Rohres auf einen bestimmten Punkt des Himmels bei sehr grofsen Instrumenten bisher noch eine verhältnismäfsig mühsame Arbeit. Zuerst begab sich der Astronom zum Okular des Instrumentes und stellte von dort aus mit Hilfe der Ablesefernrohre die Deklination ein; alsdann mufste er durch Subtraction der Rectascension von der Sternzeit den sogenannten Stundenwinkel, das heifst die seit der Kulmination des Objekts verflossene Sternzeit berechnen und nun von der Säule aus mit Hilfe des oben erwähnten Räderwerkes durch Drehung um die der Erdachse parallel gestellte Achse diesen Stundenwinkel einstellen. Die von der Firma **Fauth & Cie.** ausgeführte, zuerst von **Harknefs** vorgeschlagene Neuerung besteht nun darin, dafs an der Fernrohrsäule statt eines Handrades deren drei angebracht sind, welche die Drehung um die Stunden-, beziehungsweise Deklinations-Achse vermitteln. Um diese beiden Bewegungen ohne gegenseitige Störungen von einer Stelle aus zu ermöglichen, war ein komplizierter Rädermechanismus erforderlich, dessen nähere Beschreibung indessen nur ein rein technisches Interesse hat. Derselbe Mechanismus zeigt nun gleichzeitig auch mit Hilfe zweier konzentrischer Zifferblätter, die unsere Figur zur Anschauung bringt, den jeweiligen Stand des Fern-

rohrs in weithin sichtbarer Weise an. Um nun dem Astronomen auch noch die kleine Mühe der Berechnung des Stundenwinkels zu ersparen, die in der Eile trotz aller Einfachheit doch manchmal zu Irrungen führen kann, erhält das innere, mit der Stundenachse in Verbindung stehende Zifferblatt noch eine der täglichen Bewegung entsprechende Drehung durch eine am Instrument selbst angebrachte Sternzeituhr. Die früher nötige Subtraction der Rectascension von der Sternzeit wird dann von dieser äufserst einfachen Rechenmaschine



Sucherkreis für Äquatoreale.

automatisch ausgeführt, sodafs der Astronom den Zeiger nur direkt auf die von der täglichen Bewegung des Himmelsgewölbes unabhängige Rectascension des gesuchten Objekts einzustellen hat, die in der Regel ebenso wie die Deklination den Ephemeriden unmittelbar entnommen werden kann. Der durch diese Einrichtung erreichte Vorteil kommt offenbar durchaus nicht nur der Bequemlichkeit des Beobachters zu gute, sondern bedingt vor allem eine beträchtliche Zeitersparnis und damit die Möglichkeit einer viel vollkommeneren und ergiebigeren Ausnutzung der in unseren Klimaten ohnehin oft spärlich bemessenen klaren Nachtstunden; läfst sich doch der neue zwanzigzöllige Kolofs

der Sternwarte in Georgetown mit Hilfe dieeer Sucherkreise hequem in einer halben Minute nach jedem beliehigen, durch Rectascension und Deklination hekannten Stern richten. F. Kbr.

Das Zodiakallicht.

Der echwache, pyramidenförmig in der Richtung vom Sonnenaufgang und -Untergang aufeteigende Lichtschimmer, den man in uneeren Breiten hei eehr klarer Luft namentlich im Frühjahre wahrnehmen kann, iet noch nicht hinreichend erklärt. Verschiedene Hypothesen hahen ihn ale einen zwischen der Erde und dem Monde echwehenden Ring, ale einen Aueläufer der Sonnenumhüllung, als einen die Erde begleitenden aue der ahetofsenden Wirkung der Sonne auf Meteoritenetäubchen hervorgehenden kometenartigen Schweif hingestellt, indeseen fehlte hisher als Grundlage der Erklärungsversuche ein reichhaltiges, diekussionsfähiges Beohachtungsmaterial. Ein solches in weiteeter Auedehnung zu heschaffen, scheinen die immer mehr an Verhreitung gewinnenden Bergohservatorien geeignet zu eein. Auf dem Kontinente iet die Anlegung von wiesenschaftlichen Höhenetationen in den letzten Jahren namentlich von Frankreich (welches übrigene auch in Beziehung auf Meteorologie unter allen europäischen Stsaten das meistc Geld aufwendet) gefördert worden. Mehrere in den Pyrenäen, den Alpen und im eüdlichen Frankreich errichtete Bergohservatorien haben hereits reichen wiseenechaftlichen Gewinn gehracht. Aue einer Mitteilung dee Direktors Marchand vom Oheervatorium auf dem Pic du midi (2860 m) geht hervor, dafe dort auch das Zodiakallicht seit 3 Jahren eifrig heohachtet worden ist. Vermöge der klaren Luft, durch welche die Lage der Station ausgezeichnet ist, kann das Zodiakallicht fast das ganze Jahr hindurch verfolgt werden. Die Thateache, welche man echon vor 40 Jahren aue unvolletändigen Beohachtungen echlofs, dafs das Zodiakallicht nicht nur am West- reep. Osthorizonte erecheine, sondern in sehr echwachem Schimmer vielmehr den ganzen Himmel üherziehe, wird durch die Beohachtungen vom Pic du midi durchaus hestätigt. Nsch den vielfältigen Zeichnungen, die üher die Erscheinung gemacht worden eind, zieht der sehr echwache Lichtechimmer etwa in einer Breite von 14° nahe in der Form eines gröfeten Kreises längs der Ekliptik üher den Himmel. Der Kreis macht mit der Ekliptik einen Winkel von 6—7°, echneidet sie zweimal, bei 70 und 250° Länge und ist, was be-

sonders **hervorgehoben werden mufs, von nahe gleichbleibender Breite.** Diese sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeit der Lage des Zodiakallichtes wird nun durch den Vergleich mit der Thatsache interessant, dafs auch die Lage des Sonnenäquators gegen die Ekliptik nahe 7° und die Länge des aufsteigenden Knotens auf der Ekliptik 74° Grad beträgt. Hieraus scheint zu folgen, dafs die Lage der Achse des Zodiakallichtes nahe mit der Lage übereinstimmt, welche der Sonnenäquator innehält, und hieraus weiter, dafs das Zodiakallicht vermutlich die Form eines sehr abgeplatteten Rotationsellipsoides hat, dessen Bahnebene mit der Ebene des Sonnenäquators zusammenfällt. Danach würde sich also das Tierkreislicht von der Sonne bis zur Erde oder über letztere hinaus erstrecken; es kann angenommen werden, dafs das ganze Ellipsoid aus einer ungemein feinen kosmischen Materie oder aus sehr kleinen staubartigen Körpern besteht, welche entweder selbst leuchten oder uns durch die Beleuchtung von der Sonne als ein feinschimmerndes Lichtband in der Nähe der Himmelsekliptik sichtbar werden. Sollte das Tierkreislicht die angegebene Gestalt wirklich besitzen, also gewissermafsen eine Fortsetzung der Sonnenumhüllung bis zur Erde darstellen, so müfste, im Falle sich dessen Ausdehnung nicht sehr weit über die Erdbahn hinaus erstreckt, im Verlaufe eines jeden Jahres eine gewisse Verschiebung der Lichtzone am Firmamente sich zeigen, entsprechend der Lage, welche die Erde durch ihre Bewegung im Verlaufe des Jahres gegen die Äquatorebene des Zodiakallicht-Ellipsoides einnimmt. Mr. Marchand meint, dafs sich in den Beobachtungen eine solche Verschiebung gegen die mittlere Trace des Zodiakallichtes auszusprechen scheine, doch sei hierüber jedenfalls noch eine weitere mehrjährige Verfolgung des Gegenstandes nötig. Aus der angenommenen Beschaffenheit des Zodiakallichtes müfste auch gefolgert werden, dafs die dasselbe bildende kosmische Materie in der Nähe der Sonne viel dichter angehäuft ist und gegen die Erde hin an Dichte stark abnimmt, wenn das Zodiakallicht nichts als ein Ausläufer oder die Fortsetzung der Sonnenumhüllung ist. Dies scheint sich aus den Beobachtungen am Pic du midi über die Verhältnisse der Lichtstärke der einzelnen Teile des Lichtbogens ebenfalls zu bestätigen. Die Helligkeit nimmt zwischen den der Sonne nahe liegenden Partien und den von ihr sehr entfernten Teilen des Zodiakallichtes nicht in einer gleichmäfsigen Weise zu, sondern steigert sich in dem der Sonne naheliegenden Teile, welcher also der mit dichtgedrängter Materie erfüllten Sonnenumgebung entspricht, ungleich schneller.

Dafs die näher dem Horizonte liegende Partie des Tierkreislichtes verhältnismäfsig viel breiter erscheint, als die höher befindlichen Teile, ist wohl auf Rechnung der Perspektive zu setzen, welche uns die Kenntnis der wahren Gestalt des Zodiakallichtes vermittelt. In der That bleibt die Breite des Lichtbandes, das sich nahe der Ekliptik (jedoch diese unter einem Winkel von 7° zweimal schneidend) hinzieht, nach den Marchandschen Beobachtungen über den ganzen Himmel ziemlich die gleiche. — Bei den vielfachen Schwierigkeiten, welche die Erklärung des Zodiakallichtes hat, mufs man zur Beurteilung der Marchandschen Ansicht jedenfalls die Veröffentlichung der Beobachtungen selbst abwarten. Erweisen sich diese so zahlreich und umsichtig ausgeführt, dafs man auf eine bisher für sehr notwendig gehaltene, freilich derzeit noch kaum vorhandene Gattung von Zodiakallicht-Beobachtungen, nämlich von solchen in den Äquatorgegenden der Erde gemachten, verzichten zu können glaubt, so würde wohl der Marchandschen Hypothese fernerhin sehr aufmerksame Beachtung geschenkt werden müssen.

Bibliographisches

Benjamin Vetter: Die moderne Weltanschauung und der Mensch. Sechs öffentliche Vorträge. Jena, Verlag von Gustav Fischer. 2. Auflage, 1896. XII und 157 Seiten 8°.

Das Erscheinen einer zweiten Auflage giebt eine Probe ab für das Buch und für das Publikum, besonders wenn nur zwei Jahre seit dem Erscheinen der ersten verflossen sind. Bei einem so ernsten Buche, das von blendenden Paradoxen sich ebenso fern hält wie von billigem Spott, ist der Ausverkauf der ersten Auflage ein erfreuliches Zeugnis für das deutsche Volk; denn es zeigt, dafs es im deutschen Volke in allem Gedränge und Getriebe um Äufserliches doch nicht mangelt an Heimstätten, wo man die „Verknüpfung von lauterster Wahrheitsliebe und dichterischer Naturverklärung, von tiefstem sittlichem Ernste und milder Herzenswärme" zu schätzen weifs, die Ernst Häckel in seinem Vorworte mit Recht an dem Buche rühmt.

Prof. Vetter hat leider den Erfolg seines Buches nicht erlebt; er ist noch vor Erscheinen der ersten Auflage, am 2. Januar 1893, gestorben.

Mit warmer, durch ernstes Nachdenken gewonnener Überzeugung und einer Aufrichtigkeit, die keinerlei Kompromisse sucht, aber in ruhiger, sachlicher Weise, legt der Verfasser das Bild dar, das sich aus den Resultaten der Naturforschung und insbesondere aus dem unendlich fruchtbaren Gedanken Darwins für die Entwickelung der Welt und des Menschengeschlechts, somit für die Stellung des Menschen in der Natur ergiebt.

Die ersten drei Vorträge behandeln Gegenstände, die schon häufig populär, wenn auch nicht gerade oft in so würdiger Form, behandelt worden sind. Die drei letzten Kapitel dagegen besprechen vom naturwissenschaftlichen Standpunkt Themata, an die man sich bisher nur selten mit Erfolg von dieser Seite herangewagt hat: Vortrag IV „das Sittengesetz auf natürlicher Grundlage"; V „Religion und Philosophie" und VI die „Entwickelungsgeschichte der Religion und ihre philosophische Begründung; Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick auf künftige Zustände des Menschengeschlechts". Wie beim sozialen Tiere der Altruismus als eine Waffe im Kampfe ums Dasein entsteht, wie aus ihm in bunter Mischung mit dem Egoismus die Anfänge einer Moral hervorgehen, die dann im Laufe der Entwickelung des Menschengeschlechts allerhand An- und Ausbauten erhält, ist anschaulich dargestellt; auch wie durch dieses An- und Umbauen ein buntscheckiges, widerspruchsvolles Ganzes entstehen mufste, das Reste aller möglichen Entwickelungsstadien, Lebendiges und Versteinertes neben einander enthält. So entstehen von Anfang an sittliche Konflikte: fürs Gedeihen, das Wachstum der Familie und der Horde ist es vorteilhaft, wenn der Mensch innerhalb derselben Treue und Aufopferung übt, nach aufsen hin aber wie ein wildes Tier rücksichtslos, grausam, hinterlistig ist. Die Grenze zwischen beiden Sittengesetzen ist aber unbestimmt und verschiebbar. Dieser Widerstreit der sittlichen Forderungen läfst den Menschen bald sehnsüchtig nach einer leitenden Hand ausschauen, die ihn über sein Thun beruhigen kann, nach einer Autorität, die ihm das eigene Suchen

und Denken erspart, die Last der eigenen Verantwortlichkeit abnimmt. Und diese bietet sich ihm leicht, einerseits in lebenden stärkeren Menschen, andererseits in dem Animismus, den der rohe Mensch überall in die Natur hineinträgt, weiter in Nationalgöttern u. s. w., bis das Christentum die Herrschaft des altruistischen Sittengesetzes, wenigstens im Prinzip, auf die ganze Menschheit ausdehnt.

Wäre es dem Verfasser vergönnt gewesen, selbst diese zweite Auflage vorzubereiten, so würde er wahrscheinlich die wichtigste Lücke auszufüllen gesucht haben, die Referent in dem vortrefflichen Buche empfindet: er würde die wichtigen Beziehungen, die zwischen der Darwinschen Theorie und der Lehre von der Stabilität der Zustände und der Vorgänge in der Natur bestehen, statt sie auf S. 48 nur zu streifen, wenigstens in einigen Andeutungen näher beleuchtet haben. Aus der Einordnung jener Theorie in diese Lehre und im Ausbau der letzteren dürfte die Naturphilosophie der Zukunft hervorgehen; Anfänge zu einem solchen Ausbau liegen heute in den Arbeiten von Avenarius, Mach u. a. vor.

Prof. Dr. W. Köppen.

Dr. J. Frick's physikalische Technik, speziell Anleitung zur Ausführung physikalischer Demonstrationen und zur Herstellung von physikalischen Demonstrations-Apparaten mit möglichst einfachen Mitteln. Sechste umgearbeitete und vermehrte Auflage von Dr. Otto Lehmann, Prof. der Physik an der techn. Hochschule in Karlsruhe. Zweiter Band. Brschw. Friedrich Vieweg u. Sohn. 1895. Preis beider Bände geheftet M. 35.

Die Besitzer der früheren Auflagen dieses Werkes werden nicht wenig erstaunt sein, wenn ihnen die vorliegende zu Händen kommt. In derselben ist dem bekannten Werke ein so veränderter Charakter aufgeprägt worden, dafs man von einer Umarbeitung nur insoweit reden kann, wie man ein umfangreiches Bauwerk, das mit Zuhilfenahme einiger Steine aus einem alten, aber noch keineswegs baufälligen Gebäude aufgeführt wurde, als eine Umarbeitung dieses auffassen kann. Das soll durchaus kein Tadel sein. Nur eben der alte Frick ist es nicht mehr. Das Buch ist teurer geworden, und es wird einem guten Teil des früheren Leserkreises entfremdet werden. Wer sich früher nach Anleitung dieses Buches seine Apparate selber zu bauen pflegte, und wir kennen eine Reihe von keineswegs dem Lehrberufe gewidmeten Personen, die diesem Zeitvertreibe oblagen, der wird heute vielleicht zu einem anderen, diesem Zwecke besser angepafsten Buche, etwa dem „kleinen" Frick oder Weinholds Vorschule greifen, zu Büchern, die freilich nicht so hohe Ziele haben, wie das vorliegende, aber eben für jene Anleitung vorzuziehen sind. Wenn wir dem Vorworte des Verfassers folgen, so hat er bei Abfassung der neuen Auflage die Bedürfnisse des Hochschul- und des Mittelschulunterrichts im Auge gehabt. Auch im Organismus des letzteren soll der Physik ein breiter Raum gewährt werden. Das folge daraus, dafs die Schule für den struggle for life geeignet machen solle, und das Leben heutzutage ein nicht unbedeutendes Wissen gerade in den Naturwissenschaften verlange. Wir fürchten, dafs hervorragende Pädagogen diesen Sätzen sich nicht anschliefsen würden, wenn sie erfahren würden, dafs das Mafs des durch die Mittelschule zu liefernden Wissens etwa annähernd das in dem Buche niedergelegte sei. In der That könnte das nicht geschehen, ohne dafs sich der Lösung anderer sicher wichtigerer Aufgaben der Mittelschule, zu denen wir vor allem Sprachenkenntnis und Sprechgewandtheit zählen, schwere Hindernisse in den Weg legte. Nein, die Rolle der Naturwissenschaften kann in der Mittelschule nur eine untergeordnete sein, und nicht viele Dinge und doch viel zu erreichen, mufs

auch dieses Unterrichtes Ziel sein. Und viel ist es schon, wenn an einfachen, ganz einfachen Beispielen sehen und das Gesehene zu beschreiben, dem Zusammenhang der Erscheinungen nachzugehen und die Frage nach dem Warum zu beantworten gelehrt wird. Trotzdem wird das vorliegende Buch dem Mittelschullehrer keineswegs unnütz sein. Er wird eben aus der Fülle des Materials sich dasjenige auszusuchen haben, was sich den Forderungen der Einfachheit und Wichtigkeit am meisten anbequemt. Es mufs auch gefährlich erscheinen, beim Gange des Unterrichtes eine ähnliche Einteilung, wie sie der Verfasser beliebt hat, zu Grunde zu legen. Eben dadurch charakterisiert sich das Buch als einem weitergehenden Unterrichte, insbesondere dem der Hochschulen, dienend. Es wird hier bei der Fülle des Materials, das an Vollständigkeit nicht übertroffen werden kann, überall da gute Dienste leisten, wo dem Institute reichliche Mittel zufliefsen. Der Verfasser ist in der glücklichen Lage, an einer solchen Anstalt zu wirken, wo er über Einrichtungen und Kräfte verfügt, die dem weitestgehenden Unterrichte Erfolg sichern.[1])

Der vorliegende zweite Band — der erste ist bereits vor mehreren Jahren erschienen und wird durch einige Nachträge im zweiten ergänzt — enthält auf über tausend Seiten die Versuche über Elektrizität, strahlende Energie sowie diejenigen zu den Lehren von den optischen Instrumenten und den Lichtempfindungen, von den Tonempfindungen und Musikinstrumenten. Man erkennt hieran die eigenartige Anordnung, die an die modernsten Erfahrungen auf dem Gebiete der Physik anknüpft. Die Lehre von der strahlenden Energie steht ja im engsten Zusammenhange mit derjenigen von den elektrischen Zuständen. So mufs im System der Wissenschaft jene an diese anknüpfen. In der Behandlung der Elektrizitätslehre ist der Theorie ein weites Feld überlassen. Die Ausführungen des Buches, bei denen auch die Anwendung der höheren Mathematik nicht ängstlich vermieden wird, lassen für diese Kapitel den Gebrauch eines besonderen Buches überflüssig erscheinen. Die Lehre vom Potential und den Kraftlinien wird in sehr klaren Auseinandersetzungen und in einer Reihe bunt ausgeführter Tafeln, bei deren Herstellung der rühmlich bewährte Verlag keine Kosten gespart hat, zum eingehenden Verständnis gebracht. Die Versuche über die Erzeugung von strahlender Energie beginnen mit den Hertzschen Versuchen über Strahlen elektrischer Kraft, den Lenardschen über Kathodenstrahlen, denjenigen über den Einflufs des Lichtes auf die Entladung, insbesondere den wichtigen Arbeiten von Elster und Geitel, über Lichterzeugung durch chemische Prozesse ohne Wärme, und dann erst wird zur bekanntesten Quelle strahlender Energie, der Flamme, übergegangen.

Die theoretischen Teile des Buches sind unter dem Titel „Elektrizität und Licht" besonders erschienen und werden noch an dieser Stelle besprochen werden, weshalb wir uns mit diesen kurzen Andeutungen bescheiden. Es ist klar, dafs ein Buch mit einer solchen Menge von Material nicht in dem engen Rahmen eines Referates genügend gewürdigt werden kann, und wir wollen nur hoffen, dafs auch dieses Werk des rüstig arbeitenden Verlages in seiner so veränderten Form sich einen grofsen Freundeskreis verschaffen werde. Denn dafs es „jedem etwas bringt", ist bei seiner Vollständigkeit zweifellos. — r.

[1]) Es wird wieder der Wunsch wachgerufen, die gemeinnützigen Institute, welche den Unterricht in der Naturwissenschaft sich zum Zwecke gemacht haben — und wir denken hier als Musterinstitut an die Urania — mit den geeigneten Mitteln aus öffentlichen und privaten Quellen zu versehen, um ihren hehren Zielen möglichst nahe zu kommen.

Unter den Naturvölkern Zentral-Brasiliens. Reiseschilderung und Ergebnisse der zweiten Schingú-Expedition 1887—1888 von Prof. Dr. Karl von den Steinen. Mit 30 Tafeln (1 Heliogravüre, 11 Lichtdruckbilder, 5 Autotypieen und 7 lithogr. Tafeln), sowie 160 Text-Abbildungen nach den Photographieen der Expedition, nach den Originalaufnahmen von Wilhelm von den Steinen und nach Zeichnungen von Johannes Gehrts nebst einer Karte von Prof. Dr. Peter Vogel. — Berlin 1894, geographische Verlagsbuchhandlung von Dietrich Reimer (Inhaber: Hoefer & Vohsen).

Nicht eine der langweiligen Reisebeschreibungen, wie solche so zahlreich heutigen Tages geschrieben werden, sondern ein Buch, das sich durch die Lebendigkeit der Schilderung, durch die geistvolle, mit Humor gewürzte Art der Darstellung, sowie durch die Fülle wissenschaftlich hochinteressanter Beobachtungen und die immer natürlichen und ungezwungenen Erklärungen derselben auszeichnet, liegt in diesem Werke vor uns. Der bereits durch sein Buch über seine erste Schingú-Expedition im Jahre 1884: „Durch Zentral-Brasilien", sowie auch durch seine fesselnden Vorträge rühmlichst bekannte Verfasser, welcher seit einiger Zeit Vorsitzender der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin ist, führt uns hier ein in das Leben und Treiben einzelner Indianerstämme, deren Wohnsitze, noch heute von allen Kulturfortschritten unberührt, an den Quellflüssen des mächtigen südamerikanischen Stromes Schingú liegen. Wir glauben uns oft mitten hineinversetzt in solche Waldeinsamkeit unter diese Jägerstämme, die mit ihrem eintönigen Leben und mit ihrer ruhigen Würde einen seltsamen Kontrast zu dem Hasten und Treiben in nordamerikanischen Städten bilden.

Es ist selbstverständlich, daſs Karl von den Steinen ein auſserordentlich reiches Material in ethnographischer Richtung mitgebracht hat. Indessen ist dies besonders seiner scharfen Beobachtungsgabe zu danken, da die direkte Ausbeute an Gegenständen bei der Bedürfnislosigkeit, je Armut dieser Indianer naturgemäſs keine sehr groſse war. Groſses Interesse erwecken seine Beobachtungen und Ausführungen über die Entwicklung des Zahlbegriffs, wenn auch in dieser Beziehung das letzte Wort noch nicht gesprochen ist. Jeder Leser wird aber mit Vergnügen die Kapitel lesen, in denen die Sagen und Märchen dieser Naturvölker erzählt werden, durch welche wir uns ein Bild ihrer Naturanschauung machen können. Ihre naive Naturauffassung basiert vor allem auf ihrem innigen Zusammenleben mit der Tierwelt. Die Sonne denken sich die Bakaïrí z. B. als Ball von Federn des roten Arara und Tukan, der Abends mit einem groſsen Topf zugedeckt wird; die Phasen des Mondes erklären sie sich dadurch, daſs auf einen ähnlichen Ball, den Vollmond, erst am Rand eine Eidechse kriecht, dann ein gewöhnliches Gürteltier, schlieſslich ein Riesengürteltier, dessen dicker Körper une die gelben Federn ganz verbirgt.

Das ganze Buch gewährt sicherlich jedem reiche Belehrung, angenehme Unterhaltung und viel Anregung. Dr. H. Stadthagen.

Die Fortschritte der Physik der Materie im Jahre 1894. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. — Redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. 1895.

Die Stockung, die einige Zeit in der Berichterstattung über die Fortschritte der Physik eingetreten war, hat nunmehr eifrigem Schaffen weichen müssen. Natürlich kann nicht alles Versäumte sofort nachgeholt werden,

sondern erst nach einigen Jahren kann der wünschenswerte Zustand erreicht werden, dafs im Laufe jedes Jahres der Jahrgang, welcher über die Fortschritte im vergangenen Jahr berichtet, fertig gestellt wird. Die Idee der Physikalischen Gesellschaft in Berlin, gleichzeitig in der Fortsetzung der bisher erschienenen Reihe von Bänden dieses wertvollen Kompendiums fortzufahren und mit der Herausgabe der neuesten Jahrgänge zu beginnen, mufs als durchaus glücklich bezeichnet werden. So sind im Jahre 1895 neben dem Bande „Die Fortschritte der Physik der Materie im Jahre 1889“ (redigiert von R. Börnstein) sowie dem obengenannten Band der Fortschritte im Jahre 1894 die drei Bände, welche die Fortschritte auf physikalischem Gebiet im Jahre 1893 umfassen, erschienen:

1. Die Fortschritte der Physik der Materie im Jahre 1893, redigiert von Richard Börnstein. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1895,
2. Die Fortschritte der Physik des Äthers im Jahre 1893, redigiert von Richard Börnstein, Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1895, und
3. Die Fortschritte der kosmischen Physik im Jahre 1893, redigiert von Richard Afsmann. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1895.

Zu diesem letzten Bande ist zu bemerken, dafs der bisherige Titel der dritten Abteilung „Physik der Erde“ in den „Kosmische Physik“ umgeändert ist, da die Astrophysik einen wesentlichen Abschnitt dieses Bandes bildet. Eine Anzahl kleinerer Änderungen werden beim Nachschlagen manche Erleichterung gewähren. Dr. H. Stadthagen.

Die Fortschritte der kosmischen Physik im Jahre 1894. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. — Redigiert von Richard Afsmann, Braunschweig. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn. 1895.

Auch der dritte Band der „Fortschritte der Physik“ im Jahre 1894 ist nun noch am Schlusse des Jahres 1895 erschienen, sodafs es nunmehr sicher möglich sein wird, mit der Berichterstattung in den „Fortschritten der Physik“ dauernd auf dem Laufenden zu bleiben. Und es dürfte die Zeit nicht mehr fern sein, wo alles noch fehlende auch völlig nachgeholt ist. Es sind dies jetzt nur noch die Jahrgänge 1889 (teilweise), 1890, 1891 und 1892. Dieses Nachschlagewerk wird dann ganz bedeutend an Wert gewinnen. Die eifrige Thätigkeit der Redaktion und der Mitglieder der physikalischen Gesellschaft, die dieses Resultat zu stande gebracht haben, mufs mit Dank anerkannt werden.

Dr. Hans Stadthagen.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Himmel und Erde

Causalität und Naturwissenschaft.

Eine erkenntnis-theoretische Studie

von Prof. Dr. P. **Volkmann** in Königsberg i. Pr.

1.

Die Frage nach der Causalität hat zu allen Zeiten das Interesse von Philosophen und Naturforschern in Anspruch genommen, ohne dafs man sagen kann, ihre Behandlung sei zum Abschlufs gekommen. In der Hand der Philosophen schien das Problem mit Ausnahme weniger Fälle losgelöst von dem reichen Erfahrungsmaterial, das dem Naturforscher zu Gebote steht, ja es schien dem naturwissenschaftlichen Interessenkreise entrückt. In den Naturwissenschaften aber trat die Frage nach der Causalität nur zu gewissen Zeiten mehr in den Vordergrund, zu Zeiten, in denen sich eine Wendung zu anderen Anschauungen vollzog. Auch gegenwärtig sehen wir eine solche Wendung zumal in der Physik sich vollziehen; aber da tritt uns die Thatsache entgegen, dafs die Frage nach der Causalität mehr denn je zurückgedrängt oder ihr wenigstens der philosophische Hintergrund genommen erscheint. Da mag die Aufgabe gerechtfertigt sein, unter Rücksicht auf die veränderten Umstände die Frage einmal wieder einer Behandlung zu unterwerfen.

Es ist nicht das geringste unter den Verdiensten der neueren Forschungsrichtung, welche man mit den Namen Faraday und Maxwell zu verbinden pflegt, dafs sie uns in der Naturwissenschaft darauf hingewiesen hat, uns auf uns selbst, auf die Art unserer Naturforschung zu besinnen. Die alten Formen, in denen sich die Physik seit Newton bewegt hatte, die Kräfte als die Ursachen der Bewegung der ponderabeln Materie anzusehen und je nach Bedarf bei neu auftretenden Erscheinungen Kräfte als Ursachen zu konstruieren, waren

allmählich erstarrt. Wer einmal darin aufgewachsen war, dem wiesen diese alten Formen den ziemlich eng begrenzten Weg, auf dem er sich zu bewegen hatte, auf dem er allein hoffen konnte, neue Wahrheiten zu entdecken; gefestigt durch eine zweihundertjährige an äufseren Erfolgen reiche Entwicklung, an der die hervorragendsten Köpfe beteiligt waren, schien es Wahnwitz, auch nur den Gedanken aufkommen zu lassen, dafs es noch andere Wege gäbe, auf denen man versuchen könnte, den Grundsätzen nachzuspüren, nach denen die Natur in ihren Gesetzen handelt — und zwar ausnahmslos handelt.

Und doch hat gerade die Physik unter den Naturwissenschaften in erster Linie die Pflicht, Führerrolle in dem Ausspähen neuer Wege für unsere Erkenntnis zu übernehmen, eine Pflicht, die ihr einmal auf Grund der ganzen bisherigen geschichtlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zufällt, die aber sodann vor allem auch in ihrem innersten Wesen begründet ist. Nicht mit Unrecht hatte ein Newton der Physik aus diesem Grunde den Namen einer Naturphilosophie — Philosophia naturalis — gegeben, und in der That sind seine „Philosophiae naturalis principia mathematica“ voll von derartigen Ausblicken, welche man heutzutage als erkenntnis-theoretische zu bezeichnen pflegt; sie sind und werden für jede Erkenntnistheorie auf naturwissenschaftlichem Boden von grundlegender Bedeutung bleiben.[1])

Aber je mehr man sich gewöhnt hatte, in den von Newton und seinen Nachfolgern übernommenen Bahnen die jüngeren Generationen aufzuziehen und selbst darin zu wandeln, um so mehr mufste das erkenntnis-theoretische Moment zurücktreten, welches die Forschungen eines Newton belebt hatte, um so weniger blieb Raum für das, was man heute Erkenntnistheorie nennt. Das schien dem wahren Naturforscher ein Gebiet, das er, als aufserhalb seiner Interessensphäre gelegen, dem Philosophen überlassen zu können glaubte.

Der Wendepunkt wurde um die Mitte dieses Jahrhunderts durch Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der Kraft und vor allem durch die Forschungen eines Faraday eingeleitet. Ich stelle den Satz von der Erhaltung der Kraft voran, denn es ist Thatsache, dafs

---

[1]) Dafs gerade heute, wo die Physik zu einem Teil die Bahnen der Newtonschen Physik verläfst, das Studium Newtons und seiner Zeit in Aufnahme kommt, kann nur als Zeichen für die gesunde Entwicklung der gegenwärtigen Physik angesehen werden, die das Alte sehr wohl zu schätzen weifs, ohne darum dem guten Neuen Auge und Ohr zu verschliefsen. Ich weise hier auf das verdienstliche Werk von Rosenberger hin: Newton und seine physikalischen Prinzipien. Leipzig 1895.

es zunächst dieser Satz war, welcher sich die Anerkennung der Fachgenossen eroberte, und dafs erst dann infolge der Maxwellschen Arbeiten die Faradayschen Ideen wirkten.

Es ist höchst lehrreich, zu verfolgen, wie sich diese Wendung des näheren vollzog. Es ist hekannt, wie wenig Anerkennung zunächst die Arheiten eines Mayer, Joule, Helmholtz fanden; sie fanden um so weniger Anerkennung, je reiner in ihnen das Energieprinzip zum Ausdruck kam, wie wir es gegenwärtig zu fassen gewöhnt sind. Man kann durchaus zutreffend heute sagen, dafs nach dieser Richtung die Anerkennung und Schätzung von Mayers wissenschaftlicher Leistung gerade noch in den letzten Jahren dauernd im Steigen begriffen ist.[2] Warum fand der Satz von der Erhaltung der Kraft gerade unter den Physikern zunächst so wenig Anklang? Wie kam es, dafs es gerade Nicht-Physiker waren, welche diesen Satz aufgestellt? Wie kam es, dafs es die Arbeit von Helmholtz war, welche dem Satz zuerst Anerkennung verschaffte?

Diese Fragen heantworten sich leicht, wenn man an die durchaus erfolgreiche Entwicklung der Physik seit Newton denkt. Der Satz von der Erhaltung der Kraft führt eine andere Betrachtungsweise ein, als man hisher anzustellen gewohnt war; es war ein anderer Standpunkt, von dem aus man die Natur ansah. Es schien zunächst gar kein Bedürfnis für einen solchen anderen Standpunkt vorzuliegen, wo der hisherige Weg so erfolgreich und durch die Macht der Gewohnheit so anschauungsreich war. War es da wunderbar, dafs es gerade Physiker waren, welche den Inhalt des Satzes in das Reich unnützer philosophischer Spekulationen verwiesen, dafs es gerade Nicht-Physiker waren, die darum so hereit waren, zur Begründung des Satzes empirisches Material herheizuschaffen, als für sie die hisherige Entwicklung der Physik nicht in dem Mafse innerlich hindend war, wie für den Physiker von Fach? Anerkennung für den Satz konnte zunächst nur auf dem Wege sich finden, den der physikalisch durchgehildetste der drei Entdecker, Helmholtz, einschlug, dafs er in der

[2]) Ich sehs den Vorzug der Maysrschen Energetik, abgesehen davon, dafs sie nicht ausschliefslich auf Fernkräfte zurückgsht, in der Vsrwertung und Ausnutzung des Begriffs Auslösung und des konsequenten Gebrauchs des Wortes Ursache. Man vergleichs diesbezüglich die Anmerkungen [7]) und [6]).

Die Terminologie Mayers erscheint nicht blofs innerhalb dsr Naturwissenschaften zweckmäfsig, sie ist auch hervorragend geeignet, naturwissenschaftliche und aufsernaturwissenschaftliche Interessensphären gegsneinandsr abzugrenzen, ohne sie auszuschliefssn, wie das am Ende dieses Aufsatzes des näheren auszuführen versucht ist.

Begründung des Satzes an die seit Newton so geläufig gewordene Anschauung von dem Spiel anziehender und abstofsender Fernkräfte anknüpfte, die in den Elementen der ponderabeln Materie ihre Angriffspunkte haben. Die allgemeinen schönen Auseinandersetzungen der Einleitung seiner Abhandlung über die „Erhaltung der Kraft" finden dadurch gerade eine wesentliche Abschwächung, dafs als letzte Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften jene Zurückführung auf anziehende und abstofsende Fernkräfte angesehen wird.

Indem von dieser Helmholtzschen Betrachtungsweise aus sich der Satz von der Erhaltung der Kraft Eingang verschaffte, mufste, von unserem gegenwärtigen Standpunkt aus angesehen, die Entwicklung verzögert erscheinen, in der wir die heutige Physik sich bewegen sehen. Es ist im höchsten Grade bemerkenswert, dafs wir Helmholtz bei Einführung der Faraday-Maxwellschen Ideen in Deutschland zunächst ähnlich wie beim Energieprinzip in der Richtung thätig sehen, das wahrhaft Originelle und Neue den Faradayschen Ideen dadurch zu nehmen, dafs er den Versuch macht, das Neue dem alten Newtonschen Gewande anzupassen.[3]) Erst dieser Versuch mufste fehlschlagen, um die Allgemeingültigkeit der alten Anschauungen in Frage zu stellen. Die bekannten Hertzschen Experimente kamen hinzu, um die Vorstellungen, welche man über die Ausbreitung des Lichts und über die Notwendigkeit eines Zwischenmediums, des Äthers, hatte, auf elektrische Wirkungen zu übertragen. Es ergab sich die Aufgabe, neue Formen der Anschauung zu suchen, welchen sich diese elektrischen Wirkungen unterordnen, und damit war mächtiger denn je die Anregung zur Wiederaufnahme erkenntnistheoretischer Studien gegeben, die Anregung, die gewohnten Anschauungen einer Revision zu unterwerfen. — Das nachgelassene Werk von Hertz: „Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt" ist eine Folge dieser Anregungen.

Ergab sich aber erst die alte Anschauung von den unvermittelten Fernkräften als Ursachen der Wirkung allein nicht mehr als ausreichend, dann mufste damit auch in dem Maafse die Auffassung steigen, unter der Mayer das Energieprinzip eingeführt hatte, ohne auf das Bild anziehender und abstofsender Fernkräfte einzugehen. Es mufste von neuem der Grundsatz zum Bewufstsein durchdringen, dafs in erster Linie die Naturwissenschaft die Aufgabe hat, Bestände und Beziehungen

[3]) Es geschah dies seitens Helmholtz Anfang der siebziger Jahre durch Aufstellung eines elementaren elektrodynamischen Potentialgesetzes, welches die Forschungen von Ampère, F. Neumann, W. Weber und Cl. Maxwell umfassen sollte.

von Thatsachen in reiner Nacktheit zum Ausdruck zu bringen, dafs erst in zweiter Linie die Aufgabe stände, diese Bestände und Beziehungen durch Vorstellungen und Anschauungen näher zu fassen, um der Phantasie die Mittel zukommen zu lassen, durch welche sie belebend in die Forschung eingriffe — eine Belebung, welche allerdings ebenso fördernd wie hemmend gedacht werden kann.

Erst nachdem die Faraday-Maxwellsche Physik unsere Vorstellungen und Anschauungen geläutert hatte, konnte das Prinzip der Energie, ohne auf das Bild anziehender und abstofsender Fernkräfte zurückzugreifen, in seiner Reinheit wirken. Die Faraday-Maxwellsche Physik spielt so in der Frage nach der Causalität keine direkte, aber eine sehr wesentliche indirekte Rolle.

2.

Unsere erste Aufgabe wird naturgemäfs darin bestehen, zur Darstellung zu bringen, welche Stellung die geschichtliche Entwicklung dem Causalitätsbegriff in der Physik eines Galilei und Newton angewiesen hat, zu prüfen, in wiefern der geschichtlich übernommene Causalitätsbegriff sich hier naturwissenschaftlich aufrecht erhalten läfst, in wiefern ihm vielleicht eine andere Stelle anzuweisen ist.

Welche Bewegung ponderabler Materie ist es — diese Frage können wir im Sinne der Galileischen Physik aufwerfen — welche unser Causalitätsbedürfnis nicht herausfordert? und die Antwort darauf giebt das Galileische Trägheitsgesetz: die Bewegung in gerader Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit.[4]) Auch der Zustand der Ruhe fordert unser Causalitätsbedürfnis nicht heraus; zwischen Ruhe und gleichmäfsig fortschreitender Bewegung in gerader Linie macht die Galileische Physik keinen Unterschied.

Unser Causalitätsbedürfnis wird in allen den Fällen herausgefordert, in denen wir den Zustand der Ruhe in den Zustand der Bewegung übergehen sehen, oder in denen eine Bewegung in anderer als in gerader Linie oder mit anderer als mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich geht. Jede Abweichung vom Galileischen Trägheitsgesetz führen wir auf eine Kraft als causa zurück: wir sagen, jede Kraft äufsert sich in einer Wirkung, und wir messen die Gröfse

[4]) Ich übergehe hier die Schwierigkeiten, welche in dieser Formulierung liegen, insofern darin eine Beziehung auf einen im Raum festen Körper liegt. Es kann nämlich nur in Bezug auf einen solchen von geradliniger Bewegung mit gleichförmiger Geschwindigkeit gesprochen werden. Die Berücksichtigung dieser Schwierigkeiten liegt aufserhalb der Aufgaben, welche sich der Aufsatz stellt.

dieser Wirkung und damit die Gröfse der Kraft durch die Gröfse der Abweichung vom Galileischen Trägheitsgesetz, durch Masse und Beschleunigung.

Wenn vor mir auf dem Tisch eine Kugel liegt, und ich gebe der Kugel einen Stofs, dafs sie in Bewegung kommt, oder wenn ich eine schon rollende Kugel stofse, so dafs ihr Bewegungszustand sich ändert, dann kann ich sagen, ich habe einen Stofs, eine Kraft ausgeübt, und die Wirkung dieses Stofses äufsert sich in der Gröfse der anfänglich angenommenen Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung der Kugel und kann durch diese und durch die Masse der Kugel gemessen werden.

Es ist sicherlich ein solches oder ein ähnliches Bild gewesen, welches der oben angedeuteten begrifflichen Formulierung der Kraft als causa und der davon ausgehenden Wirkung, durch welche die Gröfse der Kraft gemessen wird, zu Grunde gelegt wurde. In dem Bilde war die Kraft meines Armes das über der Erscheinung schwebende, aber doch in die Erscheinung eingreifende höhere Moment, die causa, das vielleicht besonders als erforschenswert Erscheinende — die davon ausgehende Wirkung gestattete auf die Gröfse jener causa, der Kraft zurückzuschliefsen.

Fassen wir nun die Erscheinung des Falls der Körper gegen die Erde, die Bewegung der Planeten um die Sonne ins Auge; das sind die Vorgänge, welche man mit Vorliebe naturphilosophischen Betrachtungen zu Grunde gelegt hat. Beide Erscheinungen stellen in ihrer Art Abweichungen vom Galileischen Trägheitsgesetz dar, beide Erscheinungen fordern uns also im Sinne der Galilei-Newtonschen Physik auf, nach der causa zu suchen. Indem wir in beiden Fällen die Abweichung vom Galileischen Trägheitsgesetz aufsuchen, diese Abweichungen messen und ihnen einen exakten Ausdruck geben, gelingt es für die beim Fall und bei der Planetenbewegung auftretende Gröfse der Wirkung einen verhältnismäfsig einfachen mathematischen Ausdruck aufzustellen. Das Newtonsche Gravitationsgesetz ist der allumfassende Ausdruck, die Wirkung ergiebt sich proportional den Massen, auf welche eine Wirkung beobachtet wird, und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung dieser Massen von einander; die Schwere ist nur ein besonderer Fall der Gravitation.

Diese verhältnismäfsig einfache Abhängigkeit der Entfernung der Massen von einander ist es, welche unserer Phantasie gestattet, das erwähnte menschliche Bild wieder aufzunehmen und den Ausdruck zu wagen: Die Kraft als Ursache der Wirkung auf den Planeten geht

von der Sonne aus, die Sonne ist der Sitz der Kraft auf den Planeten, wie in dem Bilde der Arm der Sitz der Kraft auf die Kugel war.

Denken wir nun ferner an das bekannte Beispiel der im Kreise bewegten Schleuder.[5]) Wie die Schleuder in Bewegung gesetzt wird, etwa vom Centrum aus, in dem ich den Faden bewege, oder von der Peripherie aus, in der ich die Schleudermasse tangential stofse, das ist offenbar gleichgültig — für unseren Zweck ist vielleicht das zweite Bild vorzuziehen. Was geschieht nun weiter? Die Trägheit der Schleudermasse, welche ihr die Tendenz giebt, tangential fortzufliegen, beansprucht die Festigkeit des Fadens; der Faden erscheint gespannt, so wie wir einen über zwei Rollen gelegten Faden durch zwei gleiche Gewichte, die wir an den Enden anhängen, spannen können. Die Kraft, welche entsprechend dem einen Gewicht den Faden an der Schleudermasse nach aufsen spannt, nennen wir bekanntlich Centrifugalkraft; die Kraft, welche entsprechend dem anderen Gewicht den Faden an der Drehungsachse nach innen spannt, nennen wir Centripetalkraft.

Wir werden nicht behaupten wollen, wenn wir nun wieder das Bild von Ursache und Wirkung, von dem Stofs der Hand gegen eine rollende Kugel aufnehmen, dafs hier die auftretenden Kräfte, die Centrifugal- und Centripetalkraft das Ursprüngliche sind; nein, sie sind im alten Bilde die Folge. Bei der Planetenbewegung sprachen wir von Trägheit und Gravitation, bei der Schleuder können wir ganz analog von Trägheit und Centripetalkraft sprechen. Die Centrifugalkraft ist nichts anderes als ein Ausdruck der Trägheit, der auch entbehrt werden könnte. Legt man Wert darauf, dann kann man bekanntlich auch bei der Planetenbewegung von der Centrifugalkraft sprechen.

Gerade die Zusammenstellung beider Beispiele, der Planetenbewegung und der Schleuderbewegung, scheint in hohem Grade geeignet, zum Bewufstsein zu bringen, dafs man in den Galilei-Newtonschen Kräften nicht etwas über den Erscheinungen Schwebendes und darum vielleicht gerade besonders Wertvolles hat, sondern dafs man darin nur ein Hilfsmittel zu sehen hat, etwas in den Erscheinungen Liegendes, auf einander Folgendes zum Ausdruck zu bringen.

Die Galilei-Newtonsche Kraft, sie ist nichts anderes, als ein Ausdruck für das, was die Abweichung vom Galileischen Trägheitsgesetz ausmacht, was man Wirkung nennt. Die mathematische Formulierung von Galilei und Newton, welche sich bis jetzt immer

[5]) Man vergleiche diesen Teil der Darstellung mit H. Hertz, Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt. Leipzig 1894. S. 6. u. 7.

bewährt hat, ist der nackteste Ausdruck der thatsächlichen Beziehungen, welche zu kennen für die Naturwissenschaft das wahrhaft Wertvolle ist. Die damit verbundene Anschauung hat bisher diesen nackten Ausdruck thatsächlicher Beziehungen mit phantastischen Gebilden bekleidet und geschmückt, die uns hie und da, wie alles, was unsere Phantasie angeht, anregen und beleben können, die aber in keiner Weise für unseren Erkenntnisstandpunkt bindenden Wert haben dürfen.

Wenn wir mit den mathematischen Formulierungen eines Galilei und Newton eine Anschauung verbinden wollen, welche unseren Erkenntnisstandpunkt nicht schädigt, dann können wir den Begriff des naturnotwendigen Geschehens, des naturnotwendigen Ablaufs einführen, und wir werden darunter dann nicht eine causale Notwendigkeit verstehen in dem Sinne, dafs wir dafür Gründe anzugeben hätten, sondern eine reale Notwendigkeit, die in sich widerspruchslos von selbst nach festen Normen vor sich geht, die wir in ihrem Thatbestande darzulegen haben. Die Frage nach dem Warum hat innerhalb eines solchen vor sich gehenden, äufseren, notwendigen Ablaufes keine Stelle, sie gewinnt erst eine solche innerhalb des Reichs der Möglichkeiten, einen äufseren notwendigen Ablauf natürlicher Prozesse, etwa durch Aufhebung einer Hemmung einzuleiten oder in denselben abändernd einzugreifen.

Ich deute hier diese Gedanken nur an, um sie gleich in einer erweiterten Form wieder aufzunehmen.

3.

Unsere weitere Aufgabe soll darin bestehen, zu untersuchen, in wiefern durch das Prinzip der Energie dem Begriff der Causalität eine Stellung angewiesen werden kann. Gipfelte die Galilei-Newtonsche Physik in einem Kraftbegriff, in dem Kraft im Sinne von Wirkungsäufserung zu verstehen war, so gipfelte die durch J. R. Mayer inaugurierte Richtung in einem Kraftbegriff, in welchem Kraft im Sinne von Wirkungsfähigkeit, Wirkungsvorrat oder noch besser Arbeitsfähigkeit, Arbeitsvorrat genommen war. Hatte der Galilei-Newtonsche Kraftbegriff nur Bezug auf momentane Wirkungsäufserungen, so stand diesem der R. Mayersche Kraftbegriff als eine Summe von Arbeitsleistungen während einer endlichen Zeit als Energie gegenüber.

Die Energie ist nach dem Satz von der Erhaltung der Kraft, dem Prinzip der Energie, fähig, mannigfaltige Formen anzunehmen, die unseren Sinnen in ganz verschiedenen Erscheinungen gegenüber-

treten. Bei allem Wandel der Energieformen aber ist ihre Summe immer von gleicher Gröfse. Die hauptsächlichsten Formen der Energie sind kinetische Energie oder lebendige Kraft, potentielle Energie oder Energie der Lage, Wärme, elektrische und magnetische Energie.

Weiter sagt das Prinzip der Energie nichts aus. Es sagt weder aus, wann wir einen Umsatz von einer Energieform in eine andere zu erwarten haben, noch in welcher Richtung ein solcher erfolgt. Es konstatiert nur, wenn die Erfahrung einen Umsatz einer Energieform in eine andere in einer gewissen Richtung uns vorgeführt hat, nachträglich, dafs ihre Summe, absolut gemessen, unveränderlich geblieben ist. Sein Inhalt ist ein denkbar reinster Ausdruck zwischen empirischen Thatbeständen. Es ist richtig, das Prinzip der Energie umfafst das Universum, aber allein für sich genommen gewährt es den denkbar geringsten Einblick in das, was im Universum vor sich geht — und zwar was im Universum zeitlich und räumlich vor sich geht. Soviel ist ersichtlich, nach dieser Richtung hat es das Prinzip der Energie mit allen anderen Fragen mehr zu thun als mit causalen.

Die Universalität des Prinzips der Energie auf der einen Seite und seine Beschränkung auf der anderen Seite stehen jedenfalls mit einander in einem inneren Zusammenhang. Aufgabe der Energetik mufste es weiter sein, Gesetze darüber aufzustellen, in welchen Fällen Gleichgewichtszustände neben einander bestehen, also kein Energieumsatz sich vollzieht, in welchen Fällen Gleichgewichtszustände ausgeschlossen sind, also Energieumsätze sich vollziehen, und in welcher Richtung sie sich vollziehen. Damit war von neuem die Möglichkeit geboten, dafs Fragen nach der Causalität innerhalb der Physik einen Raum haben konnten.

Diese Aufgaben suchte der sogenannte zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie[6]) und die sich daran anschliefsende Lehre von der freien und gebundenen Energie zu behandeln: nur die freie Energie war danach einer Verwandlung in andere Energieformen fähig, die gebundene Energie nicht. Wärme als Energieform höherer Temperatur hatte im allgemeinen, d. h. ohne Aufwand von Arbeit, die Tendenz, in Wärme von niederer Temperatur überzugehen. Nur insoweit eine Dampfmaschine zwischen zwei verschiedenen Temperaturen,

[6]) Der erste Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ist das Prinzip der Energie. Der zweite Hauptsatz ist teilweise auch unter dem Namen des Satzes von Carnot bekannt; er giebt, wie im Text angedeutet, näheres über die Bedingungen an, unter denen sich verschiedene Energiezustände im Gleichgewicht befinden, und über die Richtung, in der Energieumsätze erfolgen.

der Temperatur des Kessels und der Temperatur des Condensators oder der Temperatur der Umgebung, arbeitet, ist sie fähig, einen Teil der in Summa aufgewandten Wärme in Arbeit zu verwandeln.

Man hat versucht, den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie in engere Beziehung zu der Galilei-Newtonschen Physik zu bringen, und die physikalische Forschung wird voraussichtlich noch weiter in dieser Richtung thätig sein. Die Galilei-Newtonsche Physik giebt für Bewegungsvorgänge der ponderabeln Materie näher Auskunft, in welcher Richtung und zu welchen Zeiten sich der naturnotwendige Umsatz der Energieformen vollzieht.

Wir erkennen, in den Fragen nach der Richtung des Energieumsatzes wird der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ebenso wie die Galilei-Newtonsche Physik hinter einer wahrhaft causalen Erfassung des Naturgeschehens zurückbleiben. Der Versuch einer solchen könnte nur durch Beantwortung von Fragen erwartet werden, wie die: was ist es, was die Energieformen veranlafst, in einander überzugehen?

Den Vorgang, bei dem eine Energieform in eine andere übergeht, nennt J. R. Mayer eine Auslösung. Man kann nicht sagen, dafs dieser Begriff ganz aufserhalb der Galilei-Newtonschen Anschauungen läge: die stetig von selbst ablaufenden Bewegungsvorgänge im Planetensystem können z. B. als stetige Auslösungen potentieller und kinetischer Energieformen in einander gefafst werden. Aber Thatsache ist doch, dafs die Galilei-Newtonsche Physik diesem Begriff der Auslösung keine besondere Aufmerksamkeit zuwendet; in der Darstellung von J. R. Mayer erscheint der Begriff der Auslösung dagegen von fundamentaler Bedeutung.[7])

Der Funken, der das Pulverfafs zur Explosion bringt, die Federkraft des Hahnes, die das Gewehr zum Schufs bringt, es sind kleine Auslösungsenergien, die sich zu den potentiellen Energien der Pulverladung hinzuaddieren und in Summa den kinetischen Energiegröfsen gleich sind, welche bei der Entladung frei werden und so grofse Wirkungen hervorrufen.

Dieser Begriff der Auslösung ist, wie wir weiter sehen werden, für die Frage der Causalität von fundamentaler Bedeutung, und so

[7]) Abgesehen von dem Aufsatz J. R. Mayers „Über Auslösung" aus dem Jahre 1876 sehe man die zahlreichen Hinweise unter dem Stichwort Auslösung in den Sachregistern der schönen Gesamtausgabe der Mayerschen Schriften von J. Weyrauch, Stuttgart 1893. In den Sachregistern von Helmholtz' Wissenschaftlichen Abhandlungen kommt das Wort Auslösung nicht vor.

stellen wir die Frage: was hat der Vorgang der Auslösung zur Voraussetzung? Die Antwort ist:

Zu einem Teil den durchaus natürlichen und notwendigen Ablauf des Geschehens der Dinge, wie ihn z. B. das bekannte Bild der Planetenbewegung veranschaulicht, zu einem anderen Teil aber ein innerlich durch nichts notwendig bedingtes Zusammentreffen von Vorgängen oder Zuständen.

Aufgabe der Naturwissenschaft ist das Studium der stetig und plötzlich stattfindenden Auslösungsvorgänge in der Natur. Die Behandlung der von selbst ablaufenden Naturvorgänge fällt jedenfalls ganz in das Gebiet der Naturwissenschaften. Das thatsächliche, aber in der Natur der Sache durch nichts bedingte Zusammentreffen von Vorgängen und Zuständen, welches wir unter Umständen ein Recht haben, zufällig zu nennen, und welches die Bedingungen schafft, unter denen Energieformen sich auslösen können, deutet die Grenze an, in der sich naturwissenschaftliche und andere Interessen scheiden, ohne einander auszuschliefsen oder sich kontradiktorisch gegenüber zu stehen.

4.

Dafs die Naturwissenschaften causalen Fragen ihre Stellung anzuweisen haben, ist wohl zu allen Zeiten mit Recht behauptet worden. Die Galilei-Newtonsche Physik liefs aber thatsächlich, wie wir im zweiten Abschnitt gesehen haben, für causale Fragen kaum einen Raum, und so konstruierte sie sich künstlich eine Causalität in ihr System durch die Auffassung hinein, dafs die Kräfte die Ursachen der Wirkungen seien, ohne zu bemerken, dafs sie über die Kräfte als Ursachen nie und nirgends etwas aussagte.

Im dritten Abschnitt sahen wir, in wiefern die energetische Betrachtung causale Fragen offen läfst. Als ein besonderes Verdienst der Energetik haben wir es anzusehen, dafs sie eine zweckmäfsige Terminologie schafft. Die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen, welche die Galilei-Newtonsche Physik unter Bevorzugung des Bildes des Planetensystems mehr als förderlich getrennt hatte, werden dadurch wieder einander näher gebracht.

Jetzt können wir den Entwicklungsgang der Physik innerlich verstehen, wie es kam, dafs der Energiebegriff und mit ihm der Begriff der Auslösung von anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen, von der Medizin in die Physik hineingetragen wurde. Wir werden

es verstehen, wie gerade Mayer die wenigste Anerkennung errang, wo er den für jede wahrhaft causale Erfassung notwendigen Begriff der Auslösung unter den Entdeckern des Prinzips der Energie wohl als der einzige eingeführt hat.

Aber ist damit die Behandlung, die Auffassung der Naturwissenschaften eine causale geworden? Wir werden Folgendes sagen können: Je mehr die Auslösungsvorgänge innerhalb der Naturwissenschaften studiert werden, und sie werden Dank der Anregung, welche die Energetik gewährt, heute mehr denn je studiert, um so reiner wird ihre wissenschaftliche Behandlungsweise sich wieder als eine Feststellung und Aufdeckung von Thatsachenbeständen und Thatsachenbeziehungen darstellen. Werden wir also erwarten dürfen, dafs die Frage nach der Causalität in den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen heute anders liegt als in der Physik? Wenn wir genau zusehen, müssen wir sagen, dafs erkenntnis-theoretisch kein Unterschied mit der physikalischen Auffassung besteht.

Nehmen wir die Bakteriologie und mit ihr die Frage nach der Entstehung einer Reihe von Krankheiten: Die Bakterien auf der einen Seite, die körperliche Disposition auf der anderen Seite, das sind die Thatbestände, die an und für sich nicht notwendig in Beziehung zu einander treten müssen, die aber in Beziehung zu einander treten können. Treten sie bei dem Vorgang der Infektion zusammen, so mufs die Krankheit erfolgen. Dieses — sagen wir — zufällige Zusammentreffen zweier zunächst unabhängiger Thatbestände könnten wir die Ursache, den Grund der Krankheit nennen; und in gewisser Weise, wenn wir mit unserer Ausdrucksweise nicht gar zu genau sein wollen, dürfen wir uns so ausdrücken. Aber wir müssen uns dabei erinnern, dafs in dieser Ausdrucksweise nichts anderes liegen soll, als dafs das thatsächliche Zusammentreffen der beiden Bestände ausnahmslos die Krankheit als zeitliche Folge aufgewiesen hat, dafs wir aber einen inneren Einblick in den Auslösungsprozefs damit ebensowenig, wie in physikalische oder chemische Auslösungsprozesse, gewonnen haben.

Der Fortschritt der Wissenschaft wird darin bestehen, dafs wir genauer beschreiben lernen, in welcher näheren Weise der Auslösungsprozefs sich abspielt. Wir werden weiter thatsächlich bestehende Beziehungen zwischen Erscheinungen und Vorgängen aufdecken und kennen lernen; aber die Antwort auf die Frage, warum die Auslösungsprozesse in einer gesetzmäfsigen Folge sich abspielen, werden wir schuldig bleiben. Wir werden nur immer sagen können, sie thun

es, die Naturgesetze fordern es. Aufgabe der Naturwissenschaften kann es nur sein, festzustellen, dafs Naturgesetze sind, nicht warum sie sind, festzustellen, was ist, nicht warum es ist.

Im Sinne der Energetik werden wir überall, wo wir volkstümlich von Ursache und Wirkung[8]) sprechen, mehrere Energieformen vor uns sehen, die durch einen Auslösungsvorgang, der auch als energetische Gröfse zu fassen ist, in einander übergeführt werden. Es giebt keine irrtümlichere Anschauung als die, dafs ein Vorgang, ein Ereignis als Wirkung, als Folge gefafst auch immer nur eine Ursache habe, oder auch nur haben könnte.

Innerhalb des notwendigen Ablaufs alles Naturgeschehens hat der Begriff Ursache überhaupt keine Stelle, ihm kann nur eine Stelle für die Auslösungsvorgänge angewiesen werden, welche jenen notwendigen Ablauf des Naturgeschehens einleiteten. Geht man aber auf diese Auslösungsvorgänge am Anfang zurück, dann zeigt sich, dafs die vermeintliche eine Ursache etwas sehr zusammengesetztes ist, ein Komplex von Ursachen. Im einfachsten Fall können wir zwischen einer inneren und einer äufseren Ursache, einem inneren Grunde und einer äufseren Veranlassung unterscheiden. Die innere Ursache, der innere Grund liegt in dem System, innerhalb dessen der Ablauf sich abspielt; die äufsere Ursache, die äufsere Veranlassung

[8]) Die Worte Ursache und Wirkung braucht Mayer sehr konsequent im Sinne in einander übergehender Energieformen, also einer Aufeinanderfolge von Energieformen; dementsprechend finden sich auch in der Gesamtausgabe der Mayerschen Schriften von J. Weyrauch unter dem Stichwort „Ursache und Wirkung" zahlreiche Hinweise. In seinem Aufsatz über Auslösung bemerkt Mayer ausdrücklich, dafs man in ganz anderem Sinne bei der Auslösung auch von Ursache und Wirkung zu sprechen pflegt.

Helmholtz braucht, worauf schon F. Hueppe in seinem Vortrag auf der Naturforscherversammlung zu Nürnberg 1893 „Über die Ursachen der Gährungen und Infektionskrankheiten und deren Beziehungen zum Causalproblem und zur Energetik" hingewiesen hat, die Worte Ursache und Wirkung sehr verschieden; in der Mehrzahl der Fälle im Sinne der Galilei-Newtonschen Physik, dann aber auch im Sinne in einander übergehender Energieformen, wie im Sinne von Auslösungsenergie. Helmholtz hat offenbar keinen allzu grofsen Wert darauf gelegt, sich nach dieser Richtung konsequent zu präzisieren, und demgemäfs fehlt in den Sachregistern seiner Wissenschaftlichen Abhandlungen das Stichwort Ursache.

Umgekehrt findet sich, was wohl auch bezeichnend ist, das Wort Causalität wohl im Sachregister bei Helmholtz, aber nicht im Sachregister bei Mayer. Die für Helmholtz' Auffassung über Causalität mafsgebende Stelle aus dem Jahre 1881 lautet: „Ich habe mir erst später klar gemacht, dafs das Prinzip der Causalität in der That nichts Anderes ist, als die Voraussetzung der Gesetzlichkeit aller Naturerscheinungen."

liegt aufserhalb des Systems, zu dem sie in einer gegebenen Zeit in Beziehung tritt. Diese Terminologie ist von grofser Allgemeinheit, sie überträgt sich passend auch auf menschliche und gesellschaftliche Verhältnisse — denken wir z. B. an den Ausbruch von Kriegen, Feindschaften u. dergl.

Sprechen wir von Ursache nur in Beziehung zu einem Thatbestande, so denken wir uns thatsächlich den anderen Thatbestand stillschweigend hinzu, ohne dafs wir ihn namentlich aufführen. Die einen nennen dann Ursache die ursprüngliche Energieform, welche in dem Auslösungsvorgang verwandelt wird, — insbesondere gilt das von potentiellen Energieformen; die anderen nennen Ursache den in der Regel kleinen Betrag der Auslösungsenergie, und das entspricht im allgemeinen den volkstümlichen Vorstellungen, an welche auch die Sprache begrifflich anzuknüpfen pflegt.

Wir können zu Thatsachen und Thatsachenbeziehungen sehr verschiedene Stellung einnehmen. Treten wir ihnen von der alltäglichen Seite gegenüber, so pflegen wir mit Recht von Trivialitäten zu sprechen; das schliefst nicht aus, dafs wir ihnen in vielen Fällen eine wissenschaftliche Seite, ein wissenschaftliches Interesse abgewinnen können. Einzelne Thatsachen allerdings sind und werden immer trivial bleiben.

Philosophen sind in der Regel geneigt, zur Veranschaulichung ihrer Untersuchungen sich in der Wahl von Beispielen auf triviale Erfahrungsgebiete zu beschränken; Beispiele für logische Untersuchungen müfsten vielmehr wohl durchgearbeiteten naturwissenschaftlichen Gebieten entnommen werden. Ganz besonders scheinen die Untersuchungen über Causalität unter der Beschränkung und Unzweckmäfsigkeit der Wahl der Beispiele gelitten zu haben.

Die Thatsache, dafs an der und der Stelle auf der Strafse ein Stein liegt, ist und wird trivial bleiben, weil ihr ein durchaus zufälliges und willkürliches Moment anhaftet, und weil ihr kein wissenschaftliches Interesse abgewonnen werden kann. Dagegen hat das häufige Vorkommen von Mineralien an gewissen Stellen der Gebirge, weil es nicht als zufällig angesehen werden kann, ein durchaus wissenschaftliches Interesse.

Die Thatsache, dafs ein Schirm vor einer Lichtquelle Schatten wirft, kann, weil allgemein bekannt, als trivial aufgefafst werden; sie kann aber auch, insofern sie mit der Natur des Lichtes in Zusammenhang gebracht wird, wissenschaftlich behandelt werden und giebt dann bekanntlich zu verhältnismäfsig schwierigen theoretischen Untersu-

chungen Veranlassung, die auf die Kleinheit der Lichtwellenlängen zurückgehen. Jedenfalls ist es naturwissenschaftlich und erkenntnistheoretisch korrekter, zu sagen: der Schirm wirft Schatten, als: der Schirm verursacht Schatten.

Wir fragen wohl nach der Ursache einer Sonnenfinsternis, einer Mondfinsternis, insofern die Erscheinung uns überraschen mag. Wenn wir aber dahinter kommen, dafs hier thatsächlich nur Licht-Schirmwirkungen vorliegen, werden wir wissenschaftlich korrekter in solchen Licht-Schirmwirkungen von Mond und Erde eher die Definition als die Ursache der Finsternis erblicken.

Wir pflegen wissenschaftlich insbesondere dann nach der Ursache, nach dem Grunde zu fragen, wenn eine Erscheinung uns überraschend, sagen wir wider Erwarten entgegentritt. Unsere Überraschung löst sich entweder trivial dadurch — und das ist die Regel —, dafs es uns gelingt, die Erscheinung mit bekannten Alltäglichkeiten in Verbindung zu bringen, oder wissenschaftlich dadurch, dafs es uns gelingt, eine durchaus neue naturgesetzliche Beziehung aufzudecken.

Die Bezeichnung Ursache und Wirkung ist im grofsen und ganzen mehr auf Vorgänge in uns und in unserem Geistesleben, als auf äufsere Vorgänge zurückzuführen. Da wir und unser Geistesleben aber keine notwendige, innerlich begründete Beziehung zu den Vorgängen aufser uns haben, da mithin von Causalität in der Natur nur in übertragener Bedeutung des Wortes die Rede sein kann, wird es der Schwierigkeit des Gegenstandes entsprechen, auch sprachlich jedes Mifsverständnis nach Möglichkeit auszuschliefsen. *Indem die Naturwissenschaft die Bezeichnung Ursache aus ihrer Terminologie streicht, reifst sie die letzten Wurzeln der Auffassung aus, die ihre Entwicklung von jeher so gehemmt haben, der anthropomorphen Auffassung.*[9] *Es bleibt ihre Aufgabe, Beziehungen von reinen Thatbeständen in der Natur, sei es durch Beobachtung, sei es durch Experiment, festzustellen und durch die Theorie in angemessener Weise zur Anschauung und Darstellung zu bringen.*

[9]) So wertvoll es für die Naturwissenschaften ist, das anthropomorphe Moment zurückzudrängen, so wertlos scheint mir dieses Bestreben für andere Gebiete, welche gerade die Aufgabe haben, die Beziehung zum Menschlichen in uns zum Ausdruck zu bringen, z. B. für die Religion.

5.

Die Geschichte der Naturwissenschaften weist verschiedene Epochen auf, in denen ganz bestimmte Tendenzen der Forschung zu Tage traten.

Es gab eine Zeit, in der man wähnte, gewisse Zwecke in dem Naturgeschehen aufdecken zu können; es war die teleologische Tendenz, wie sie nicht blofs die Erforschung der organischen Natur, sondern auch die physikalische Forschung zeitigte. Die Frage nach dem Wozu schien im Vordergrund der Interessen zu stehen.[10]

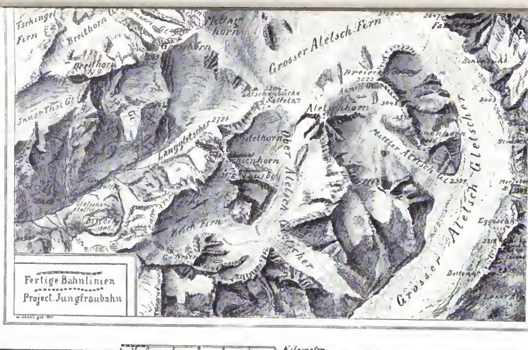
Wir können heute ebenso sagen: Es gab eine Zeit, in der man wähnte, gewisse Gründe für das Naturgeschehen aufdecken zu können; es war die causale Tendenz, wie sie nicht blofs die Erforschung der organischen Natur, sondern auch die physikalische Forschung zeitigte. Die Frage nach dem Warum stand im Vordergrund des Interesses.

Die teleologische ebenso wie die causale Auffassung der Natur entsprach den Fragen des Kindes nach dem Wozu und Warum der Erscheinungswelt; sie war der Ausflufs einer naiven Anschauung, die alles vom Standpunkt menschlichen Handelns betrachten zu dürfen glaubte. Die heutige Naturwissenschaft befindet sich im Zustand des reifen Mannesalters, sie ist ausschliefslich dem Studium des thatsächlich Vorhandenen, der thatsächlich existierenden Beziehungen zugewandt. An dem tieferen, überaus schwierigen Studium des thatsächlich Vorhandenen wird das Verhältnis von Vorgang und Folge, von Bedingung und Auslösung an Stelle von Zweck und Ursache aufgedeckt.

Die Naturwissenschaft hat das Ziel, das Naturgeschehen als ein widerspruchsloses aufzuweisen; wir bezeichnen das Naturgeschehen als ein notwendiges, nicht als ob wir Gründe dafür angeben können, sondern weil sich uns dasselbe als ein ausnahmsloses aufgedrängt hat. Unter diesen Umständen erscheint es für die Naturwissenschaften angemessen, den Begriff der Ursache, der Causalität überhaupt zu streichen, wie es einer früheren Epoche angemessen erschien, den Begriff des Zweckes, der Teleologie zu streichen.

Es erhebt sich nun die Frage, ob damit die Teleologie und die Causalität überhaupt aus der Welt geschafft sein soll? Mit nichten! Diese Begriffe treten sofort in Wirksamkeit, sobald die Freiheit unseres Willens ins Spiel tritt und die Bedingungen zum Vorgang einer

[10] Ich erinnere an die Bezeichnungen: Prinzip des kleinsten Zwanges von Gaufs, Prinzip der kleinsten Wirkung von Maupertuis.



Das Jungfraugebiet.

Auslösung schafft. In der Möglichkeit, dafs wir selbst Auslösungsprozesse einleiten, liegt die tiefere, wahre Quelle menschlichen Glücks oder Unglücks, liegt die Möglichkeit einer technischen Ausnützung und Verwertung der Natur und damit in Verbindung die Erweiterung der Machtsphäre der menschlichen Freiheit.

Wohl können auch aufserhalb des menschlichen Willens Auslösungsvorgänge eingeleitet werden; der Aufflug eines Vogels kann eine Lawine auslösen. So können auch Zufälligkeiten, Trivialitäten Gründe, d. h. Ursachen abgeben. Wir erkennen, Grund und Zufall stehen logisch nicht kontradiktorisch, nur konträr einander gegenüber.

Der Begriff der Auslösung scheint darum so fruchtbar, weil er, gleich wertvoll innerhalb wie aufserhalb der Naturwissenschaft, in hohem Grade geeignet erscheint, die Widersprüche aus der Welt zu schaffen, welche zum Schaden sittlicher und intellektueller Interessen das Geistesleben der Menschheit von jeher gespalten, — die Widersprüche, welche zwischen der Freiheit des menschlichen Willens auf der einen und der Notwendigkeit des Naturgeschehens auf der anderen Seite innerlich zu bestehen scheinen.

Unsere Sinneswerkzeuge, und nicht zum mindesten unser Gehirn, sind nichts anderes als energetische Auslösungsorgane. Notwendig ist hierbei wohl nur, dafs sie so wirken, wie sie wirken. Dafs aber irgend welche äufseren Vorgänge, welche an und für sich in gar keiner inneren notwendigen, sondern nur in einer äufseren zufälligen Beziehung zu uns, zu unseren Sinnen, zu unseren Gedanken stehen, in Verbindung mit den Auslösungsvorgängen in uns als innerlich zusammenhängendes, vollständiges und notwendiges Naturgeschehen aufgefafst werden könnten, ist ein tiefer liegender Irrtum, der zurückzuweisen ist. Mögen jene äufseren Vorgänge mit Notwendigkeit geschehen, mögen die dadurch in mir ausgelösten Vorgänge als notwendig betrachtet werden, zufällig ist doch das zeitliche Zusammentreffen, dafs z. B. gerade durch meine örtliche Anwesenheit meine Organe Anlafs nehmen konnten, jene äufseren Vorgänge in sich aufzunehmen.

Ein Buch, dessen Inhalt mich interessiert, kann ganz zufällig in meine Hände gespielt werden, und es wird keinem verständigen Menschen einfallen, diese Thatsache in Verbindung mit der Notwendigkeit des Naturgeschehens zu bringen. Die Lektüre kann in der wunderbarsten Weise in mir Gedanken auslösen. Was dabei physiologisch und psychologisch in mir vorgeht, wird ein Gemisch von Zufall und Notwendigkeit sein; gerade auf dem zufälligen Moment wird das beruhen, was man geistige Anregung nennt.

Es ist ein Vorzug der Energetik, dafs sie gestattet, solche Aussagen zu machen, ohne dafs wir dabei einen tieferen inneren Einblick in den Vorgang und die Übersetzung unserer Sinneswahrnehmungen und Empfindungen zu haben brauchen.

Das Beispiel der Planetenbewegung mit ihrem vollständig programmmäfsigen Ablauf des Naturgeschehens schien für einen ausnahmslos notwendigen Ablauf des Geschehens zu sprechen, es schien für die Bethätigung wahrer menschlicher Freiheit in der Natur keinen Raum zu lassen. Es spielte eine besondere Rolle in der Anschauung, welche sich die gesamte Welt aus Atomen zusammengesetzt dachte, zwischen denen anziehende und abstofsende Kräfte wirkten. Ein Laplace[11]) dachte sich unter dieser Anschauung einen Geist, dem Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in einer Formel, „der Weltformel", zusammengefafst vorlag.

Die Mayersche energetische Betrachtung weist mit ihren Auslösungsvorgängen neben dem ausnahmslos notwendigen Ablauf des Naturgeschehens auch der Bethätigung menschlicher Freiheit ihre Stelle. Das Beispiel der Planetenbewegung war zu eng, um ein Analogon zur Umfassung des Universums herzugeben; es mufste noch mehr Verwirrung und Irrtum anrichten, wenn die Notwendigkeit des Naturgeschehens verwechselt oder in Zusammenhang gebracht wurde mit der Causalität des Geschehens, wie sie uns eigentlich doch nur für menschliches Handeln und Denken verständlich ist. Causalität und Freiheit bildeten so ungerechtfertigter Weise das Feldgeschrei gegenüberstehender Weltanschauungen, und ein Vertreter der klassisch-humanistischen Bildung konnte den Anhängern einer mehr auf realen Grundlagen beruhenden Erziehungsmethode zurufen:[12])

„Die Naturwissenschaft bindet manchen ihrer Jünger enger an die Kategorie der Causalität, als für das Erziehungswesen zuträglich ist. Denn die Causalität weist lediglich das Gesetz auf; die Erziehung aber soll die sittliche Pflicht entwickeln und zur Freiheit verklären."

Causalität, oder sagen wir jetzt besser Notwendigkeit, und Freiheit

[11]) Es möge hier nur nebenbei darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Geschichte der Wissenschaften nicht selten nebeneinander widerspruchsvolle Erscheinungen aufweist. Derselbe Laplace, der die Behauptung einer ausnahmslos bestehenden Notwendigkeit durch seinen „Weltgeist" und seine „Weltformel" erläutert, behandelt in meisterhafter Weise den Begriff des Zufalls. Etwas anders, aber sehr ähnlich liegt, dafs die Gravitationsanschauung zu Lebzeiten Newtons als Stütze einer theistischen Weltanschauung herangezogen wurde, während sie sich im weiteren Verlauf mit der Atomlehre zur Stütze einer materialistischen Weltanschauung gestaltete.

[12]) Verhandlungen der Schulkonferenz. Berlin 1890. S. 731.

schliefsen sich nicht aus, nein sie bedingen sich gegenseitig. Die sittliche Freiheit wird und kann sich auf höchster Stufe nur zeigen — ob bewufst oder scheinbar unbewufst, darauf kommt es hier weniger an —, wo Kenntnis des notwendigen Geschehens und Ablaufs der Naturvorgänge vorhanden ist; sie wird nach Gründen handeln. Handlungen, denen dies Charakteristikum fehlt, sind ein Ausflufs von Laune; wir können sie nicht frei nennen, und darum können sie auch unser tieferes Interesse nicht erregen.

Der Ablauf alles Naturgeschehens ist an und für sich ein notwendiger; darum brauchen aber die Thatsachen, welche den Anfang eines solchen Ablaufs einleiten oder auslösen, noch keine notwendigen zu sein; wir können sie als freie bezeichnen. Ebenso wie wir frei einen notwendigen Ablauf des Naturgeschehens einleiten können, so können wir auch unter gewissen, immerhin beschränkten Umständen in den notwendigen Ablauf des Naturgeschehens durch Einleitung neuer Auslösungsvorgänge eingreifen und den natürlichen Ablauf des Geschehens zu modifizieren, ja abzuwenden suchen.

Die Menschen handeln auf Grund ihrer Erziehung, Bildung, ihrer Kenntnisse, Erfahrungen, ihres Intellekts. Sie handeln mit einer gewissen Notwendigkeit, ähnlich der Notwendigkeit, die die äufsere Natur beherrscht. Aber der Unterschied besteht, dafs die Notwendigkeit des Handelns, die von wahrer Freiheit getragen wird, sich in der Einleitung von Auslösungsvorgängen nach wirklich erreichbaren Zielen und Gründen äufsert, die Notwendigkeit des äufseren Geschehens ein natürlicher Ablauf ohne solche ist.[13]) Menschen, die nicht auf der Höhe der Bildung, Erfahrung, des Intellekts stehen, werden auch Auslösungsvorgänge nach Zwecken und Gründen einleiten können, aber das Kennzeichen des Mangels ihrer Freiheit wird darin bestehen, dafs das, was infolge ihrer Handlungen thatsächlich geschieht, nicht den Zwecken und Gründen entspricht, welche zur Einleitung jener Auslösungsvorgänge Veranlassung gaben. Sie handeln weniger notwendig als zufällig, schon darum, weil das Erfahrungs-

[13]) An dieser Stelle mag die Terminologie von Kant Erwähnung finden. Kant unterscheidet in der Kritik der reinen Vernunft „zweierlei Causalitäten in Ansehung dessen, was geschieht, entweder nach der Natur oder aus Freiheit. Die erste ist die Verknüpfung eines Zustandes mit einem vorigen in der Sinnenwelt, worauf jener nach einer Regel folgt.“ Unter Freiheit im kosmologischen Verstande versteht Kant „das Vermögen, einen Zustand von selbst anzufangen, deren Causalität also nicht nach dem Naturgesetze wiederum unter einer anderen Ursache steht, welche sie der Zeit nach bestimmte.“

material, auf welches sie sich zur Motivierung ihrer Handlungen berufen zu dürfen meinen, weil unvollständig, ein zufälliges ist.[14])

Die gegenwärtige Epoche der Menschheit scheint eine überaus ernste. Die Aufgaben, welche die Menschheit gegenwärtig zu lösen hat, sind schwerwiegender und weittragender denn je. Ihre Lösung stellt besonders hohe Anforderungen an unseren Willen und nicht zum wenigsten an unseren Intellekt, an unsere Kenntnisse.

Ob die gegenwärtige Erziehung und Bildung zur Lösung so ernster Aufgaben die angemessenste Vorbereitung liefert? Wir haben Formen der Erziehung und Bildung von unseren Vätern übernommen und zum grofsen Teil beibehalten. Wir wissen sie auch zu schätzen; aber andere Zeiten, andere Aufgaben, andere Anforderungen!

Die Naturwissenschaften scheinen nach mehr als einer Richtung zur Erfassung der Aufgaben der Gegenwart und zur Befähigung ihrer Lösung eine überaus angemessene Vorbereitung geben zu können.[15]) Wir deuten nur einen Gedanken hier an:

Wenn wir hingestellt sind kraft unseres Amtes, unseres Berufes, wo es auch sei, zu wirken und zu schaffen, dann müssen wir wissen, auf welchen Faktoren unsere Wirkungsfähigkeit beruht. Wir müssen vor allem klar sehen, wo das Reich der Notwendigkeit herrscht, dem wir machtlos gegenüberstehen, wo das Reich der Freiheit waltet, in dem unsere Thätigkeit einzusetzen hat. Wir dürfen die Macht der Verhältnisse, in denen wir wirken sollen, nicht unterschätzen, wir dürfen die Macht unserer Einwirkungsfähigkeit nicht überschätzen. Wir dürfen auch nicht vergessen, dafs die äufseren Verhältnisse auf uns einwirken und einwirken müssen. Unsere Bildung, unsere Erziehung und nicht zum wenigsten unsere Selbsterziehung hat uns die innere Festigkeit zu geben, dafs nicht das geringste äufsere Ereignis uns zu Fall bringt, dafs nicht die kleinste Klippe uns scheitern läfst.

„Ein Mensch kann den Strom der Zeit weder schaffen noch lenken, er kann nur auf demselben steuern mit mehr oder minder Geschick."[16])

[14]) Auf der inneren Notwendigkeit des Handelns der wahrhaft Gebildeten, weil in sich übereinstimmend, beruht die Überlegenheit der Geistesaristokratie im besten Sinne des Wortes über die grofse Masse, welche nur zufällig handeln kann, weil sie das grofse Ganze zu übersehen nicht im stande ist.

[15]) Diese Gedanken bilden den Ausgangspunkt meiner demnächst bei B. G. Teubner in Leipzig erscheinenden allgemeinwissenschaftlichen Vorträge „Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart."

[16]) Aus Bismarcks Rede an die deutschen Studenten in Friedrichsruh, 1. April 1895.

Die interessantesten Alpen- und Bergbahnen vornehmlich der Schweiz.

Von Prof. Dr. **Carl Koppe** in Braunschweig.

(Schlufs).

Nachdem Riggenbach die erste Zahnradbahn auf den Rigi gebaut und hiermit die Zahnstange für den Personentransport „salonfähig" gemacht hatte, wuchs die Zahl der „Bergbahnen" in der Schweiz in stark zunehmender Progression. Allein im Berner Oberlande wurden in den drei Jahren von 1890—1893 fünf Bergbahnen gebaut. Der Rückschlag blieb nicht aus. Die Anlagen rentierten meist nur schlecht. Ein Teil derselben, wie die Bahn auf den Monte Generoso, die Schienige Platte etc. konnten sich nicht halten und kamen unter den Hammer. Man berechnete den Verlust an Nationalvermögen infolge der ungünstigen Rendite einer grofsen Zahl der Bergbahnen in der Schweiz auf mehrere Millionen. Diese Verhältnisse waren dem Zustandekommen neuer Bergbahnen durchaus ungünstig, und auch die Jungfraubahn hat mit ihnen sehr zu rechnen. Ein um so glücklicherer Griff war es daher, dafs Guyer-Zeller aus der „Bergbahn", welche nur dazu bestimmt ist, ihre Passagiere auf den Gipfel des Berges und naturgemäfs auch wieder herunter zu befördern, eine „Hochgebirgsbahn" machte, die gleichzeitig auch dazu dienen soll, die seither nur von wenigen Sterblichen mühsam und gefahrvoll erklommenen, jungfräulichen Schnee- und Gletschergebiete allgemeiner zugänglich zu machen. Mögen einige zu weich besaitete Seelen über eine Entweihung der Natur Klagelieder singen, diese so gut wie gänzlich unerforschten, gleichsam polaren Höhenregionen dem Genusse von vielen Tausenden naturfroher Menschen, und zugleich der wissenschaftlichen Forschung zu erschliefsen, kann nur als ein willkommener Fortschritt der naturwissenschaftlichen Technik bezeichnet werden.

Das Guyer-Zellersche Projekt hat wie das Projekt der Eigerbahn seinen Ausgangspunkt auf der Kl. Scheidegg und führt nahe

in gleicher Weise wie dieses zunächst in offener Bahnstrecke bis zum Eigergletscher, bezw. Rothstock. Am Fufse des letzteren, in einer Höhe von rund 2400 m über dem Meere, beginnt der Tunnel (siehe Karte). Derselbe führt in einer Gesamtlänge von 10 km und mit einer Maximalsteigung von nur 25 pCt. in gewundener Linie um das Massiv des Eigers herum auf die südliche Seite des Gebirges, wo er in einer Höhe von über 3200 m zu Tage treten soll, um die Anlage einer Station mit Ausblick auf das Fiescherhorn, das Schreckhorn etc. und den wild zerrissenen Fiescher- und Grindelwald-Firn und -Gletscher zu ermöglichen. Die Länge der unterirdischen Bahn vom Tunneleingange bis zur Eigerstation beträgt 4—5 km. Der Tunnel wird auf der Nordseite stets nahe der Oberfläche der Eigerwand geführt, um an passender Stelle in 2—3 km Entfernung vom Portale eine offene Galerie anlegen zu können, die „Grindelwald-Galerie", zu deren Füfsen tief unten das gleichnamige Bergdorf weit ausgebreitet liegt. Von der Station Eiger führt die Bahn weiter im Innern des Berges nahezu gradlinig durch den Mönch auf die Südseite desselben, wo in einer Höhe von rund 3600 m über dem Meere eine Hauptstation geplant ist, von welcher gleich noch ausführlicher die Rede sein wird, da sie in erster Linie dazu bestimmt ist, die grofsartige Hochgebirgs-Gletscherwelt des oberen Wallis zu erschliefsen und leicht zugänglich zu machen. Von der Mönch-Station senkt sich die Bahn, um das Jungfern-Joch zu unterfahren, und, von der tiefsten Stelle auf rund 3300 m wieder ansteigend, dem östlichen Grate der Jungfrau folgend, diese selbst bis zur Höhe von 4100 m zu erklimmen. Die dann noch bleibenden 60 m bis zum eigentlichen Gipfel der Jungfrau sollen mit einem Aufzuge nach Art der amerikanischen hohen Fahrstühle überwunden werden.

Dies ist in grofsen Zügen das Guyer-Zellersche Jungfraubahn-Projekt, welches sich von seinen Vorgängern wesentlich dadurch unterscheidet, dafs die ganze Strecke als Zahnradbahn mit nur 25 pCt. Steigung, d. h. der nämlichen Maximalsteigung wie die Rigibahn gebaut werden soll, und ferner dadurch, dafs es sich bei ihm nicht lediglich um Erstellung einer „Bergbahn" auf den Gipfel der Jungfrau handelt, sondern um die erste „Hochgebirgsbahn" im weiteren Sinne des Wortes, da durch sie eines der grofsartigsten Gletschergebiete von meilenweiter Ausdehnung vielen tausenden zum Naturgenusse erschlossen werden soll, denen diese hohen Regionen des „ewigen Schnees" sonst auf immer unzugänglich geblieben sein würden. Die Station Mönch wird voraussichtlich in der Nähe des oberen Mönch-

Joches und etwas über ihm angelegt werden, da von dort aus westlich der „Jungfraufirn", östlich das „Ewig-Schneefeld" ihren Ausgang nehmen und beide direkt zugänglich sind. Zunächst durch den Trugberg getrennt, vereinigen sich diese beiden mächtigen Firn- und Eisfelder oberhalb des Concordiaplatzes und strömen zusammen mit dem von Westen kommenden „Grofsen Aletschfirn" als gewaltiger „Grofser Aletschgletscher" zum Rhone-Thale hinab. Besonders das „Ewig-Schneefeld" ist mehrere Kilometer weit nur wenig geneigt und nahezu vollständig frei von Gletscherspalten. Dort kann sich ein ausgedehnter Schnee- und Eissport, sowie ein interessanter Schlittenverkehr entwickeln, welcher eventuell zu einer regelmäfsigen Verbindung mit der Concordia-Hütte und weiter an dem prächtigen Märjelen-See, Eggishorn, Hôtel Jungfrau etc. vorbei ins Rhônethal hinabführen kann.

Auch für Hochgebirgsbesteigungen der mannigfaltigsten Art wird die Station Mönch sehr günstig gelegen sein und reiche Gelegenheit bieten. Touristen und Führer können mit frischen Kräften von hier aus den Aufstieg auf die Bergriesen des Oberlandes beginnen und laufen nicht Gefahr, infolge von Überanstrengung bezw. Übermüdung auf dem Gipfel angelangt, zum Genusse unfähig zu sein oder von der Bergkrankheit befallen zu werden, mit welcher in ernsteren Fällen nicht zu spafsen ist, wie die traurigen Vorkommnisse bei Erbauung des Mont Blanc-Observatoriums genugsam beweisen. Ist so dem Naturgenusse ein weites Feld eröffnet, so wird zugleich auch die wissenschaftliche Erforschung jener polaren und wenig bekannten Schnee- und Gletschergebiete die naturwissenschaftliche Erkenntnis der physikalischen Vorgänge in unserer Atmosphäre und die gesamte kosmische Physik wesentlich zu fördern und zu bereichern im stande sein. In dem am 20. Dezember 1893 von G u y e r - Z e l l e r dem Schweizerischen Bundesrate eingereichten Konzessions-Gesuche sind im Kostenvoranschlage, welcher 8 Millionen Francs betrug, 100000 Francs für den Bau eines meteorologischen Observatoriums ausgesetzt.

Am 26. Oktober 1894 wurde sein Konzessionsgesuch der Bundesversammlung vorgelegt, und am 21. Dezember ihm von dieser die „Konzession für den Bau und Betrieb einer Eisenbahn von der kleinen Scheidegg über Eiger und Mönch auf den Gipfel der Jungfrau" erteilt. Unter den Konzessionsbedingungen sind einzelne von allgemeinem Interesse. So lautet Art. 5: „Binnen einer Frist von 18 Monaten, vom Datum des Konzessionsaktes an gerechnet, sind dem

Bundesrate die vorschriftsmäfsigen technischen und finanziellen Vorlagen nebst den Statuten der Gesellschaft einzureichen. Innerhalb 6 Monaten nach stattgefundener Plangenehmigung ist der Anfang mit den Erdarbeiten für die Herstellung der Bahn zu machen." Art. 6: „Binnen 5 Jahren, vom Beginn der Erdarbeiten an gerechnet, ist die ganze konzessionierte Linie zu vollenden und dem Betriebe zu übergeben." Art. 6a: „Der Gesellschaft wird der sektionsweise Bau gestattet."

Diese letztere Konzession ist von besonderer Bedeutung insofern, als nach ihr jede Teilstrecke eröffnet und dem Betriebe übergeben werden kann, sobald dieselbe ausgebaut ist, ohne abwarten zu müssen, bis die ganze Bahn auf den Gipfel der Jungfrau vollendet wurde. Man wird demnach die Bahn streckenweise eröffnen können: bis zum Gletscher, zur Grindelwald-Galerie, zur Eigerstation und zur Hauptstation am Mönch, durch letztere also das Hochgebirge bereits erschliefsen können, nach Fertigstellung der ersten 6 km Tunnel. Die letzte Strecke von dort bis auf die Jungfrau ist bei weitem die schwierigste; dem Bau derselben kommen aber alle vorher gemachten Erfahrungen zu gute.

„Durch Art. 16 wird die Gesellschaft ermächtigt, für den Transport von Personen auf den Gipfel der Jungfrau für Hin- und Rückfahrt eine Taxe bis zu 45 Frs. zu beziehen. Für einfache Fahrt ist dieselbe um 30% zu reduzieren. Für den Verkehr von und nach Zwischenstationen sind die Taxen auf Grundlage dieser Ansätze und im Verhältnis zu den Fahrlängen und der Bedeutung der Stationen festzustellen."

Diese vom Bundesrate festgesetzten Fahrpreise erscheinen um so mäfsiger, wenn man berücksichtigt, dafs eine Besteigung der Jungfrau gegenwärtig mehrere hundert Franken kostet.

In wissenschaftlicher Hinsicht besonders interessant ist Art. 9a. „Die Gesellschaft ist nach partieller oder gänzlicher Vollendung der Linie verpflichtet, an die Herstellung und Einrichtung eines ständigen Observatoriums, insbesondere für meteorologische und anderweitige tellurisch-physikalische Beobachtungszwecke, auf der Station Mönch oder Jungfrau, eventuell auf beiden, die Summe von mindestens Frs. 100000 zu verwenden, sowie zu den Kosten des Betriebes während der jeweiligen Beobachtungszeit einen monatlichen Beitrag von Frs. 1000, jedoch nicht mehr als Frs. 6000 in einem einzelnen Jahre beizutragen. Der Entscheid über Ort, Zeit und Art der Anlage des oder der Observatorien, über den Betrieb und die Mitwirkung

weiterer Subvenienten beim Bau und Betrieb ist Sache des Bundesrates."

Die Wissenschaft hat hiernach allen Grund, dem Unternehmen sympathisch gegenüberzustehen und es nach Kräften zu fördern.

Zur Vorberatung der Ausführung und zur Kontrolle des Baues der Jungfraubahn berief Guyer-Zeller im Frühjahr 1895 eine Kommission, bestehend aus Vertretern der Technik und der Naturwissenschaft.

Die erste Sitzung dieser Kommission fand am 17. Juni in Zürich statt, eine zweite Ende Juli im Hotel Bellevue auf der kleinen Scheidegg. Durch eingehende Besprechung aller in Betracht kommenden Fragen wurden die Grundlagen festgesetzt für das Vorgehen in hezug auf die erforderlichen Vorarheiten, die Bauausführung und den Betrieb auf elektrischem Wege durch Übertragung der Wasserkräfte, welche im Gesamtbetrage von 7000—8000 Pferdekräften dem Unternehmen zur Verfügung stehen.

Im Anschlufs an die zweite Kommissionssitzung auf der kleinen Scheidegg wurde eine Begehung der ersten, offenen, ungefähr 2,5 km langen Bahnstrecke vorgenommen, der Eingang des Tunnels am Eigergletscher von Guyer-Zeller selbst festgestellt und durch ein in die Felswand am Fufse des Rothstockes eingehauenes Kreuz bezeichnet.

Es war von der Kommission heschlossen worden, mit den geodätisch-topographischen Aufnahmen zur genauen Festlegung des Tunnel-Tracées sofort zu beginnen. Ich telegraphierte daher dem Landesvermessungs-Ingenieur Seiffert, welcher hierauf vorhereitet war, nach Braunschweig, direkt mit den nötigen Instrumenten und einem unserer hesten, ständigen Gehülfen zur kleinen Scheidegg zu kommen, und hegann unverzüglich mit der Projektierung eines Dreiecksnetzes im Anschlusse an das von mir früher bearbeitete Schweizerische Erdmessungsnetz, um zunächst einen festen Rahmen für die gesamten Vermessungsarbeiten zu gewinnen. Der Anschlufs an die eidgenössische Triangulation wurde durch die trigonometrischen Signale auf dem „Schilthorn", dem „Männlichen", dem „Faulhorn" und dem „Schwarzhorn" vermittelt. In dieses Hauptnetz wurde dann weiter ein Spezialnetz, zunächst für die auf der Nordseite des Eigers notwendigen Aufnahmen eingefügt und durch feste Signale dauernd bezeichnet.

Die Detailaufnahme geschah auf photogrammetrischem Wege. Sie war für mich in sofern von ganz hesonderem Interesse, als mir durch sie zum ersten Male Gelegenheit gehoten wurde, eine neue und genauere photogrammetrische Messungsmethode an einer sonst schwer zu lösenden, praktischen Aufgabe eingehend zu prüfen.

Im ersten Bande von „Himmel und Erde" auf Seite 548 und 549 ist der „Phototheodolit" abgebildet, wie ich denselben seiner Zeit konstruiert und in meinem Lehrbuche der Photogrammetrie beschrieben habe. Das Instrument sollte eine allgemeinere und genauere Messung auf photogrammetrischem Wege ermöglichen. Man hatte aber seither wenig Gebrauch von ihm gemacht, sich vielmehr darauf beschränkt, die Photogrammetrie für geodätische Zwecke als eine „graphische" Methode nach Art der Meſstischaufnahmen zu betrachten, und ihr eine entsprechend geringe Genauigkeit beigemessen. Die Frage, welche Genauigkeit der Winkelbestimmung auf photogrammetrischem Wege mit dem Theodoliten zu erreichen ist, blieb gänzlich unbearbeitet, während doch in der Astronomie ein hohes Maſs der Genauigkeit durch die Photographie längst erzielt wird.

Aus den in dieser Zeitschrift veröffentlichten Berichten des Professor Dr. Scheiner über die photographische Aufnahme der neuen Himmelskarte geht unzweideutig hervor, daſs dort auf rein photogrammetrischem Wege eine Genauigkeit erreicht wird, wie sie durch direkte Messung mit den feinsten Präzisionsinstrumenten nicht übertroffen werden kann. Warum soll dies in der Geodäsie nicht ebenfalls möglich sein, und sich nicht mit dem Phototheodoliten dieselbe Präzision auf photogrammetrischem Wege erzielen lassen, wie durch direkte Messung mit einem Mikroskoptheodoliten gleicher Dimensionen? Bei Untersuchung dieser Frage kommen in erster Linie die photographischen Objektive, bezw. die durch sie erzeugten Bilder, und die abgebildeten Objekte in Betracht. Die für die neue Himmelskarte benutzten Objektive haben eine Brennweite von 3,4 m und ein brauchbares Gesichtsfeld von 4 Quadratgraden. Es wird mit ihnen eine Genauigkeit erzielt bis auf 0,1 Bogensekunden. Begnügt man sich für geodätische Zwecke mit einer Genauigkeit bis auf einzelne Bogensekunden, so sollte sich diese unter analogen Umständen mit entsprechend kleineren, leicht transportabelen Instrumenten erreichen lassen. Und das ist in der That der Fall. Photogrammetrische Aufnahmen und Messungen von Sternabständen, mit dem Phototheodoliten ausgeführt, ergaben bei genauer mikrometrischer Ausmessung eine Genauigkeit bis auf wenige Bogensekunden. Das hierbei vorzugsweise benutzte Objektiv war ein Voigtländersches Kollinear. Es dürfte dies gegenwärtig wohl das beste photographische Objektiv für solche Messungen sein, denn dasselbe gab bei einem Gesichtsfelde von 30° und einer Brennweite von 15 cm Sternbildchen, welche eine genaue Ausmessung bis auf wenige Tausendstel des Millimeters, frei von

subjektiver Auffassung gestatten, wie zahlreiche von Dr. Schwassmann, Assistenten des astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam und dem Unterzeichneten in Braunschweig ganz unabhängig und mit verschiedenen Apparaten vorgenommene Ausmessungen dargethan haben.

Hiermit allein würde jedoch für geodätische Zwecke noch nicht viel erreicht sein, denn die auf einzelne Tausendstel des Millimeters

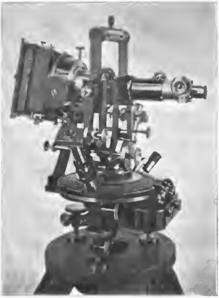


Fig. 13.

genaue mikrometrische Längenbestimmung ist zeitraubend und mühsam; sie verlangt besondere Apparate, die Reduktion und die weitere Verwertung der Resultate ist zu umständlich, um eine allgemeinere Anwendung zu gestatten. Ich kam daher auf den Gedanken, die lineare Ausmessung der Platten durch eine direkte Winkelmessung zu ersetzen.

Denkt man sich das in der photographischen Kamera entstandene Bild entwickelt und fixiert, dann genau in die Kamera wieder an der Stelle eingesetzt, welche die Bildplatte bei der Aufnahme selbst hatte und gut beleuchtet, so werden die vom Bilde ausgehenden und das photographische Objektiv treffenden Strahlen nun ihrerseits

aus diesem Objektive genau so austreten, wie die das Bild erzeugenden Strahlen in dasselbe eintraten, denn Bild und Gegenstand lassen sich ja in dieser Hinsicht vertauschen. Handelt es sich bei den Aufnahmen um weit entfernte Gegenstände, so fällt das Bild in die Brennebene; die von einem Bildpunkte ausgehenden Strahlen treten unter sich parallel aus, und die Winkelabstände verschiedener Punkte lassen sich durch das photographische Objektiv mit einem diesem gegenüber aufgestellten Theodoliten direkt messen, wie nach der Gaussschen Methode die Fadenabstände eines in der Brennfläche eines Fernrohrobjektivs befindlichen Fadenkreuzes. Bedingung für eine fehlerfreie Winkelmessung ist, dafs das Bild sich genau in der Brennfläche des Objektivs befindet, da sonst die von einem Bildpunkte ausgehenden Strahlen nicht unter sich parallel austreten, und eine Verschiebung der beiden Objektive gegen einander bei der Winkelmessung Abweichungen verursachen wird. Dieselben werden aber um so kleiner werden, je näher die Drehung des Mefsfernrohres um den ersten Hauptpunkt des photographischen Objektivs geschieht. Dieser mufs daher in den Schnittpunkt der horizontalen und vertikalen Umdrehungsachse des Theodoliten gelegt werden, mit welchem die Messung ausgeführt werden soll. Wie dies erreicht wurde, zeigt Fig. 13 u. 13 a.

Als messender Theodolit kann der Phototheodolit selbst benutzt werden. In seine Achsenlager kommt ein Mefsfernrohr zu liegen, dessen horizontale Umdrehungsachse soweit ausgeschweift ist, dafs für das photographische Objektiv der Kamera hinreichend Platz zwischen den Trägern bleibt, um den vorderen Brennpunkt genau in den Durchschnittspunkt der beiden Drehachsen des Theodoliten zu bringen. Die Kamera wird hierbei getragen von einem am Dreifufse des Theodoliten befestigten Ständer mit einem Hülfskonus, in welchen dieselbe genau hineinpafst. Sie kann beliebig um ihre Achse gedreht und auch geneigt werden in der Art, dafs jede zu messende Bilddistanz in den Horizont des Mefsfernrohres gelegt und mit Hülfe des Theodoliten als Horizontalwinkel gemessen werden kann. Gute und scharfe photographische Negative gestatten die Anwendung einer mindestens zehnmaligen Vergröfserung und geben eine Genauigkeit der Winkelmessung bis auf einzelne Bogensekunden. Von den Fehlern der linearen Ausmessung, welche durch unregelmäfsige, d. h. nicht ganz ebene Form der Platten, oder ähnliche Ursachen entstehen, ist die direkte Messung durch das Objektiv wegen der Reziprozität von Bild und Gegenstand frei. Ein direktes Beispiel hierfür lieferte eine

am 7. Mai 1895 in Braunschweig ausgeführte Aufnahme von Mond- und Stern-Distanzen behufs geographischer Längenbestimmung. Die Resultate der linearen und der direkten Winkel-Messung der Distanz „Saturn— α Virginis“ waren:

Platte	Mittl. Zeit. Braunschweig h	m	lineare Messung in Braunschweig mm	Potsdam mm	direkte Winkelmessung.
I.	9	45,2	31,108	31,108	11° 32' 42"
II.	10	11,4	31,111	31,108	11° 32' 35"
III.	10	33,8	31,118	31,118	11° 32' 31"
IV.	10	48,1	31,108	31,109	11° 32' 27"

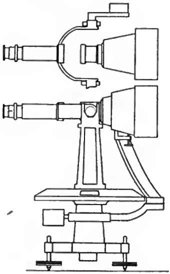


Fig. 13a.

Nach dem nautischen Jahrbuche nimmt die Rektaszension des Saturn am 7. Mai stündlich um 10,"5 ab und seine Deklination um 3,"5 zu. Seine Annäherung an α Virginis beträgt hiernach in einer Stunde rund 11". Die direkte Winkelmessung läfst diese Abnahme der Distanz zwischen Saturn und α Virginis infolge der Eigenbewegung des Saturn gut erkennen, die lineare Messung nicht. Es müssen daher bei letzterer die Unregelmäfsigkeiten der Platten, welche bei verschiedenen Platten verschieden sind, diese Abweichungen verursacht haben.

Die photogrammetrischen Aufnahmen für die Jungfraubahn wurden von den Stationen des Spezialnetzes und von mehreren gegen dieses festgelegten Hülfspunkten aus im August und September beim herrlichsten Wetter vorgenommen, und ein sehr reiches Beobachtungs-Material gewonnen. Neben dem Phototheodoliten, welcher hierbei zuerst seine Probe in der Praxis im grofsen Mafsstabe bestehen sollte, und, wie ich gleich hinzufügen kann, auch sehr gut bestand, führten wir auch eine zu photogrammetrischen Arbeiten mit Teilkreis und entsprechender Einrichtung versehene Stegemannsche Kamera mit, zu welcher 4 Objektive gehörten, 2 Kollineare von Voigtländer von 20 cm und 30 cm Brennweite, 1 desgl. Euryskop von 40 cm Brennweite und 1 Teleobjektiv von Dr. Miethe neuester Konstruktion, welches mir Dr. Miethe als erstes Exemplar seiner Art mitzugeben, die Freundlichkeit hatte. So ausgerüstet, haben wir in wenigen Wochen rund 150 Aufnahmen gemacht, welche von einem Photographen der Firma Schröder u. Comp. in Zürich jeweils direkt an Ort und Stelle entwickelt wurden. Dieselben erstrecken sich auf die ersten 3—4 Kilometer Bahn von der Station Eigergletscher bis über die Grindelwald-Galerie hinaus. Sie gestatten, das Tunneltracée bis auf einzelne Meter genau festzulegen. Eine an Ort und Stelle noch ausgeführte provisorische Berechnung ergab eine Genauigkeit der vom Ingenieur Seiffert ausgeführten Punktbestimmung der Spezialtriangulation bis auf wenige Centimenter. Unsere gleichzeitig auf der Kl. Scheidegg mit gut verglichenen Mefslatten ausgeführte kleine Basismessung ergab eine Längenbestimmung, welche mit der durch den Anschlufs an die eidgenössische Triangulation abgeleiteten bis auf $^1/_{20000}$ übereinstimmt, eine Genauigkeit, welche für unsern Zweck vollständig genügt. Nach den weiteren Aufnahmen konnte nun leicht ein Tunneltracée mit 25 % Steigung vom Portale auf 2410 m Meereshöhe ausgehend in die Photographien eingezeichnet werden. Wie das Titelbild zeigt, verläfst die Jungfraubahn-Trace die Station Kl. Scheidegg der Wengernalpbahn auf der Südseite, führt um den Fallbodenhubel herum und bis zur Station Eigergletscher am südwestlichen Ausläufer des Rothstock. Am Fufse des Rothstock, in der Einsattlung zwischen ihm und dem kleinen Eiger, tritt die Bahn in den Tunnel, unterfährt den schluchtartigen Einschnitt zwischen Rothstock und Eiger und steigt nahe der Oberfläche der steil abfallenden Nordwand des Eigers empor. Da diese Wand in der Mitte nach Süden zurücktritt, so hat eine Grindelwald-Galerie erst 2300 m vom Tunnelportale entfernt eine aussichtsfreie Lage, denn vorher bleiben Grindelwald, die grofse Scheidegg,



Jungfraubahn (Nordseite).

die prächtigen Wetterhörner etc. durch die bei 2300 m nach Norden vorspringende Felswand verdeckt. Über dieser aber, in einer Höhe von 3000 m über dem Meere, erhebt sich ein bastei- und turmartiger Felsenvorsprung, der für die Anlage einer nahezu halbrunden Galerie vortrefflich geeignet erscheint, denn dieser Felsenturm ist wenig zerklüftet, fest und massiv fundiert, kann direkt mit der Bahnlinie angefahren werden und bildet nahezu einen Halbkreis, der sowohl von der Kl. Scheidegg wie von Grindelwald aus gut sichtbar ist. Eine dort im Halbrund angelegte offene Galerie müfste eine prachtvolle Rundsicht gewähren, weit über die vorliegenden Bergketten hinweg vom Schilthorn über Niesen, Männlichen, Faulhorn u. Schwarzhorn, wie über die grofse Scheidegg hinweg zum Urirothstock, Titlis und bis zu dem majestätischen Wetter-



Fig. 15. Jungfraubahn (Südseite). Vom Eiger zum Mönch.

horn, zu dessen Füfsen tief unten Grindelwald in seiner ganzen Ausdehnung offen daliegt. Hunderte von Personen würden hier gleichzeitig Platz finden und die herrliche Aussicht geniefsen können.

Auch liefse sich mit verhältnismäfsig geringen Mitteln ein Weg von dieser Grindelwald-Galerie auf den Eiger, einen der Jungfrau an Höhe und Aussicht nur wenig nachstehenden Bergriesen des Berner Oberlandes anlegen und so dessen Besteigung wesentlich erleichtern.

Von der Grindelwald-Galerie führt das Tracée der Jungfraubahn im scharfen Bogen durch den östlichen Ausläufer des Eigers hindurch auf die Südseite des Berges, wo eine „Eiger-Station" geplant ist. So weit konnten die Aufnahmen im vergangenen Herbste noch nicht ausgedehnt werden, doch wurde eine Rekognoszierung des für die Jungfraubahn in betracht kommenden südlichen Gebietes von Professor Dr. Golliez vorgenommen, um die geologischen Verhältnisse festzustellen und die günstigen Stellen für die geplanten Stationsanlagen ausfindig zu machen. Zur Anlage der Mönch-Station hält Professor Dr. Golliez den Felsen-Vorsprung dieses Berges (Fig. 15) unmittelbar oberhalb des Mönchjoches für den bestgeeigneten Ort; denn einmal ist er vor Fels- und Eisstürzen gesichert, und dann kann von ihm aus der „Jungfraufirn" und das „Ewig-Schneefeld", zwischen denen das Joch die Scheide bildet, direkt zugänglich gemacht werden. Professor Dr. Golliez hat auch die Schneeverhältnisse am Jungfraujoch, unter welchem die Bahn durchgeführt werden muss, eingehender geprüft, und zugleich sind vom Hochgebirgs-Photographen Wehrli der Firma Schröder und Comp. photographische Aufnahmen derjenigen Gebirgs- und Gletscher-Partien gemacht worden, welche bei Anlage der Bahn vornehmlich von Interesse sind (Fig. 16). Genaue geodätisch-topographische und photogrammetrische Messungen werden über die günstige Führung der Bahnlinie sowie die zweckentsprechendste Lage der Stationen auch auf der ganzen Südseite sichern Aufschlufs und Anhalt geben. Die bereits ausgeführten Messungen und Aufnahmen genügen, um den Bahnbau im nächsten Sommer direkt in Angriff nehmen zu können.

Werfen wir zum Schlusse noch einen Blick vom Gipfel der Jungfrau selbst auf die Hochgebirgswelt ringsum und die Schnee- und Eisfelder zu ihren Füfsen. In östlicher Richtung liegt zunächst der Mönch und hinter ihm der Eiger, die beiden Trabanten der „ewig verschleierten", in ihren blendenden Schneemantel gehüllten Jungfrau, aus welchem in nächster Nähe die beiden rein weifsen Silberhörner hervorragen. Über Mönch und Eiger hinweg schweift der Blick in



Fig. 16. **Jungfrau** (Südseite).
Vom Jungfraujoch zur Jungfrauspitze.

weite Fernen zum Titlis, Toedi, den Urner und Bünder Bergen. Mehr im Vordergrunde liegt das Wetterhorn, das Schreckhorn und das majestätische Finsteraarhorn, vor ihm die Fischer-Hörner, das Ewig-Schneefeld umrahmend. Zu unsern Füfsen der Jungfraufirn, ein mächtiges Firn- und Eisfeld, welches sich weiter unten mit dem Ewig-Schneefeld und dem grofsen Aletschfirn am Concordiaplatze vereinigt, um am Eggishorn vorbei als gewaltiger Aletschgletscher zum Rhonethal hinabzufliefsen. Ungezählte Bergspitzen und vereiste Gipfel umrahmen und durchsetzen diese wunderbare Hochgebirgswelt, welche wie verzaubert und märchenhaft vor uns liegt in blendender Pracht. Dies ganze, weite Gebiet soll dem Genusse von vielen Tausenden naturfroher Menschen und der wissenschaftlichen Forschung durch die Jungfraubahn erschlossen werden. Den Elegikern, welche in ihrer Anlage eine Entweihung der Natur erblicken, möchte ich zurufen: „Kommt nur mit! Eine Jungfraubahn ist des Einsetzens der besten Kräfte wert und würdig!"

Allen Gönnern und Freunden aber:

„Ein Wiedersehen auf der Jungfrau!"

Die Löfslandschaft.

Von **Adolf Schultz** in Hamburg.

Eine in mannigfacher Hinsicht interessante Bildung auf der Erdoberfläche ist die Löfslandschaft, nicht nur, weil sie dort, wo sie den ganzen Charakter einer Gegend bestimmt, höchst merkwürdige Formen zeigt, sondern auch wegen der von allen übrigen Gesteinen verschiedenen Entstehung der die Löfslandschaft hervorrufenden Bodenart und endlich wegen ihrer in ökonomischer Hinsicht hervorragenden Wichtigkeit.

Dementsprechend wird zunächst der physiognomische Charakter der Löfslandschaft, dann die Entstehung derselben und schliefslich ihre geographische Verbreitung darzulegen sein.

I. Physiognomischer Charakter der Landschaft.

Der Löfs ist ein Gestein, das man zuerst im Rheinthal kennen lernte und erforschte, und von hier stammt auch sein ursprünglich bei den Anwohnern dieses Thales gebräuchlicher, von „lose" abzuleitender Name. Seine gröfste Ausdehnung besitzt er aber im nördlichen China. Dieser Umstand, sowie die typische Ausbildung der dortigen Löfslandschaft und auch die hohe Stellung, die gerade diese Löfsgegend in der geographischen Litteratur einnimmt, rechtfertigen es, wenn man bei der Beschreibung der Löfslandschaft von dieser Stelle der Erde ausgeht. Hier ward nämlich der Löfs zuerst in seiner ganzen Bedeutung durch den Scharfblick des Freiherrn von Richthofen erkannt, zu dessen epochemachendsten Entdeckungen auf seinen langjährigen Forschungsreisen eben dies gehört. Die Frucht derselben ist das mehrbändige Werk „China".[1])

Hat man den Rand der Löfslandschaft erreicht, so etwa sagt Richthofen[2]) in seiner klassischen Schilderung, dann bietet sich

[1]) Verlag von Dietrich Reimer. Berlin.

[2]) Band I. S. 65 ff.

ein überraschender Anblick. Meilenweit schweift das Auge über eine scheinbar horizontale Fläche. Thatsächlich findet eine ganz allmähliche Abdachung und ein Wiederansteigen statt, indem die ferne Einsenkung zuweilen gegen 1000 m unter dem Muldenrand liegt, und nur das Auge bei solch geringer Abdachung die Fähigkeit verloren hat, die Höhendifferenzen zu schätzen. Ferner aber ist die ganze Fläche von zahlreichen tiefen, von fließendem Wasser erfüllten Schluchten in solchem Grade zerrissen, daß jeder Reisende, der sich nicht an die gebahnten Wege hält, verloren ist.

Er steht dann plötzlich am Rande einer dieser tiefen Schluchten. Da ein Hinüberkommen unmöglich ist, geht man der Spalte entlang aufwärts, doch bald wird hier der Weg durch eine andere Schlucht versperrt, welche unter einem schiefen Winkel in die erste einmündet; man muß ihr folgen und verliert noch mehr die Richtung des beabsichtigten Weges. Dann kommen abermalige Abzweigungen, und wenn man ihnen entlang geht, ist man bald in dem Gewirr der immer neu hinzukommenden Schluchten verloren. Wandert man hingegen abwärts, so gelangt man bald auf einen klippenförmigen Vorsprung, der auf einer Seite von einem Riß, auf der andern von einem zweiten, seitlich einmündenden begrenzt wird. Mühsam steigt man auf Terrassen hinab; ist man jedoch auf die letzte gelangt, so stürzt sie mit senkrechten, etwa 100 m hohen Wänden nach dem Boden der beiden Risse ab. So vermehren sich die Schwierigkeiten ins Unendliche.

Es war natürlich schwer, hier überhaupt Wege anzulegen, und noch schwieriger ist infolge der unaufhörlichen Neubildung von Schluchten ihre Erhaltung. Breitere Straßen sind daher auf eine möglichst geringe Zahl beschränkt, und ihr Zustand ist ein derartiger, daß man in Europa jeden Wagenverkehr für ausgeschlossen halten würde. Es ist denn auch nur der chinesische zweirädrige Karren durchzubringen, und selbst dieser wird meist durch Kamele und Maultiere, sowie im Kleinverkehr durch Esel und Menschen ersetzt.

Für die Beschwerlichkeit der Wege wird man entschädigt durch den landschaftlichen Wechsel, der durch immer neue Kombinationen bizarrer Formen überrascht. Die eigentümlichste hat Richthofen[3] in einem, wie er bemerkt, „leider hinter der großartigen Wirklichkeit weit zurückbleibenden Bild“ dargestellt. Man geht in der Tiefe eines Hohlweges und glaubt zusammenhängende Massen von Löß auf beiden

[3]) Band I. S. 68.

Seiten zu haben. Thatsächlich war indes der Weg ursprünglich am Rande einer senkrechten Löfswand angelegt und hatte sich dann in den Boden eingeschnitten, so dafs die eine Seite des Hohlweges nichts als eine freistehende, schmale Erdmauer ist. Es überrascht daher aufserordentlich, wenn man plötzlich eine runde, fensterartige Öffnung in derselben gewahrt, durch die man in ein Labyrinth von Terrassenlandschaften hinausblickt.

In der guten Jahreszeit ist das ganze Land bis zu bedeutenden Höhen von Vegetation bedeckt, und zwar in ganz hervorragender Weise. Sie errreicht nach Richthofen stellenweise 2400 m Höhe, während sie im südlichen, aber löfsfreien China selten bis zu 600 m hinaufreicht. Während ferner im Süden keine Erträge ohne reichliche Düngung erzielt werden, ist dieselbe im Löfsgebiet überflüssig oder geschieht doch nur in geringem Umfange. Es werden besonders Weizen, das Hauptprodukt des chinesischen Löfslandes, sowie Reis in den südlichen Provinzen, Mohn, Baumwolle, Tabak und Hülsenfrüchte angepflanzt. In tieferen Gegenden, z. B. im Weithal, können zwei Ernten erzielt werden; im Winter wird vornehmlich Weizen, im Sommer Baumwolle gebaut.

Nicht nur Nahrung in Fülle, sondern auch vortreffliche, leicht zu beschaffende und billige Wohnungen giebt der Löfs. Millionen von Menschen wohnen nämlich in Höhlen, die sie sich am Fufs der Löfswände ausgegraben haben. Die Höhlung ist vom Boden aus horizontal in den Löfs hineingetrieben, so dafs der Eingang die Gröfse einer Thür hat; daneben bleiben Mauern von Löfs stehen, während im Innern mehrere, von einander durch Löfswände und Thüren getrennte, mit Fenstern nach aufsen hin versehene Räume ausgehöhlt werden. So zeigen diese Wohnungen die verschiedensten Abstufungen von einer einfachen Hütte bis zu wahren Löfspalästen. Sie erstrecken sich, wenn sie zu Wirtshäusern und zur Unterbringung vieler Wagen und Pferde dienen, zuweilen über 60 m tief in die Erde hinein, bei entsprechender Höhe und Breite, während seitwärts dunkle Kammern als Schlafstellen für die Reisenden liegen. Die inneren Wände sowie die Seiten von Fenstern und Thüren werden mit einem aus den zerriebenen, im Löfs enthaltenen Mergelknauern gewonnenen Cement ausgestrichen, der Festigkeit und Trockenheit sichert und zur Reinlichkeit sowie zum behaglichen Charakter der im Winter warmen, im Sommer kühlen Wohnungen beiträgt.[4]

---

[4]) Abbildung bei Richthofen, I. 33.

Sehr wichtig ist die Bedeutung, welche die Lößlandschaften in strategischer Hinsicht haben. Größere Truppenmassen können sich ungehindert nur in den wenigen großen Thälern bewegen, auf den Straßen ist ihre Bewegung schon schwieriger; im übrigen aber ist, wie schon oben ausgeführt, das Vorwärtskommen unmöglich. Die Verteidigung ist also in gewisser Weise sehr erleichtert, ebenso schwer ist es aber andererseits wegen der mangelnden Kommunikation, zwischen den einzelnen Straßen einen einmal eingedrungenen Feind wieder zu vertreiben. Ist dieser gar bis an den Ausgang der Thäler vorgedrungen, so hat er zugleich eine außerordentlich günstige Position zur Verwüstung des angrenzenden Landes. Daher haben die chinesischen Kaiser ihre Aufmerksamkeit von jeher auf die Anlage von Festungen in der Lößlandschaft gerichtet. Eine große Schwierigkeit bestand stets darin, daß die Zahl der Zugänge zu den Lößlandschaften gerade von den Steppen her, woher die Feinde kamen, ziemlich groß ist, weil dort sich am meisten Schluchten befinden. Die Feinde können also stets in den Besitz des schwierigsten Terraine am ehesten gelangen und finden dann bei weiterem Vordringen leichter und einfacher werdende Verhältnisse.

So verhält sich die Landschaft mit typisch in bedeutender Mächtigkeit ausgebildetem Löß. Daneben giebt es Gegenden, in denen sich dieses Gestein nur vereinzelt findet, wo es entweder niemals mächtig gewesen oder durch die Thätigkeit des Wassers weggeschwemmt ist. Hier sind dann nur die niedrigeren Plateaus und die Terrassen der Thäler mit Löß bedeckt. Anderswo ist Lößboden zwar reichlich vorhanden, aber der Mangel an Niederschlägen läßt seine Bedeutung nicht hervortreten. Zuweilen wird er von einer mächtigeren, schwarzen Humuserde, „Czernosem“ genannt, überlagert, z. B. in Galizien, Podolien und Centralrußland.

Es ist nun zu untersuchen, welcher Art das Gestein ist, aus dem die Lößlandschaft besteht.

Es muß vorausgeschickt werden, daß sich die Geologen keineswegs ganz einig darüber sind, welche Kombinationen von Eigenschaften für ein Gestein nötig sind, das als echter Löß zu bezeichnen ist. Hier mag der Löß als möglichst enger Begriff gefaßt werden, wesentlich im Anschluß an Richthofen.

Die Farbe des Lößs ist braungelb; nach ihr führt der Hwangho, der gelbe Fluß, seinen Namen, weil sein Wasser von der Erosion des Lößs gelblich gefärbt ist, ja auch noch „das gelbe Meer“, in das durch ihn der gelbe Schlamm hineingetragen wird. In Schensi, der

lößerfülltesten chinesischen Provinz, wo die Luft nur selten klar und durchsichtig ist, hat die ganze Landschaft einen gelben Ton; Straßen, Häuser, Bäume und Saaten, selbst der Reisende und die Luft sind einförmig gelb gefärbt. Gelb ist dem Chinesen die heilige Farbe, das Symbol der Erde und ein Attribut der kaiserlichen Macht, denn es ist die Farbe des Löß und der Lößländer, in welchen das Volk sich zuerst entwickelte.

Der Löß ist so mürbe, daß er sich leicht zwischen den Fingern zerreiben läßt. Daraus erklärt sich auch, daß in ihm so vielfach Höhlungen ausgegraben sind. Daneben besitzt er doch eine große Festigkeit, die sich in den vollkommen senkrechten Wänden zeigt, wo er der Erosion durch Wasser oder dem Abgraben durch Menschen ausgesetzt war. Er ist so feinerdig, daß er beim Zerreiben fast ganz in die Poren der Haut eindringt und nur einige feine Sandkörnchen zurückbleiben. Ein wesentliches Element bildet der kohlensaure Kalk, der sich zum Teil schon mit bloßem Auge wahrnehmen, jedenfalls aber durch Behandlung mit Säuren nachweisen läßt. Die braungelbe Farbe rührt von einem geringen Gehalt von Eisen her, der in dem als thonig zu bezeichnenden, an Masse weit überwiegenden Bestandteil des Löß enthalten ist.

An jedem kleinsten Stück Löß läßt sich eine bestimmte Textur nachweisen; sie besteht darin, daß er von zum Teil außerordentlich feinen, zum Teil etwas gröberen, gestreckten Röhrchen durchzogen ist, die sich wie Fasorwurzeln von Pflanzen verzweigen und meist mit einer dünnen weißen Rinde von kohlensaurem Kalk umkleidet sind. Dabei fällt es auf, daß die meisten dieser Kanälchen nahezu senkrecht stehen, die Verzweigungen aber unter spitzen Winkeln und nur nach unten hin stattfinden. Die wesentlichste Folge dieser senkrechten Kapillarstruktur ist die, daß der Löß das Wasser wie ein Schwamm aufsaugt, so daß selbst die stärksten Regengüsse nur geringe Spuren auf der Oberfläche zurücklassen. Tümpel oder gar Seeen sind also auf typischem Lößboden unmöglich; Quellen treten erst dort auf, wo der Löß festem Gestein auflagert. Ist dagegen die Textur zerstört, wie es z. B. auf den Straßen infolge der Einwirkung der Wagenräder der Fall ist, so bleiben nach einem Regengusse die Pfützen tagelang stehen, und der Wagenverkehr ist durch den unergründlichen, zähen Schmutz oft vollkommen gehemmt.

Den hohen Grad von Porosität hält Richthofen für die Ursache der Fruchtbarkeit dieses Gesteins, besonders deshalb, weil dasselbe dadurch im stande ist, nach dem Diffusionsgesetze die nährenden Salze

in den Kapillarröhren emporzuheben, sobald durch Regen eine feuchte Verbindung zwischen der Oberfläche und dem Salzwasser in der Tiefe hergestellt ist.

Einschlüsse, die der Löfs in sich birgt, sind zunächst feste mergelige Konkretionen von Knollengestalt, die, meist in die Länge gezogen, von Erbsengröfse bis zu einer Länge von $^1/_3$ Meter variieren. Sie nehmen häufig die abenteuerlichste Gestalt an und werden darum am Rhein mit dem Namen „Löfsmännchen", „Löfspuppen" oder „Löfskindel" bezeichnet. In China tragen sie den bezeichnenderen Namen „Stein-Ingwer", denn sie gleichen den vielgestaltigen Ingwerknollen oft auffallend.[5]) Dazu kommen eckige, ersichtlich (Richthofen) nicht gerollte Gesteinsstücke von verschiedener Gröfse, die gröfsten nahe dem Rande der Becken, je weiter nach der Mitte, desto kleiner; sodann Gehäuse von Landschnecken, besonders Pupa muscorum, Helix hispida und Succinea oblonga, die zuerst als Leitfossilien für den Löfs galten; und endlich Knochen von fossilen Landsäugetieren, meist Nagern.

[5]) Abbildungen bei Richthofen, I. 58.

(Fortsetzung folgt).

Zur Selenologie. — In den letzten Jahren hat unsere Kenntnis von den grofsen Zügen sowohl, wie von den kleinsten Details der Mondoberfläche wesentliche Verbesserungen erfahren. Durch direkte Beobachtung mit äufserst scharfen Instrumenten unter den günstigsten atmosphärischen Bedingungen, wie durch photographische Aufnahmen (insbesondere von Prinz in Brüssel, Löwy und Puiseux in Paris, sowie von der Lick-Sternwarte) und deren spätere Vergröfserung durch Prof. Weinek in Prag sind wir in den Besitz dieser nie geahnten Kenntnisse gelangt. Man darf sagen, dafs die Beschreibung der Mondoberfläche kaum hinter derjenigen des Erdantlitzes zurückgeblieben ist, trotz der rastlosen Entdeckerthätigkeit auf unserem Planeten.[1] Andererseits haben die gewaltigen Unterschiede, welche der erste Blick bereits in den grofsen Zügen der Erde und ihres Trabanten erkennen läfst, zu eingehenden Untersuchungen nach dem Ursprung der so verschiedenen Bildungen geführt. Die Geologie hat sich dabei nicht des unersetzlichen Hülfsmittels aller Naturwissenschaften, des Experiments, entschlagen können, und andere Versuche unter völlig abgeänderten Bedingungen sind angestellt worden, um den so verschiedenen Verhältnissen auf dem Monde Rechnung zu tragen. Die Schlüsse aus diesen Versuchen und andere auf Analogien gegründete über die Entstehung der lunaren Strukturen bilden heute bereits einen Zweig der Wissenschaft, den man der Geologie als Selenologie an die Seite setzen kann.

[1] Die Wichtigkeit der Photographie auch auf diesem Gebiete zeigt u. a. eine Bemerkung von C. M. Gaudibert (A. N. 3310), der mit einem Fernrohr von 21 cm Öffnung durch Augenbeobachtungen allein einen nur 800 m im Durchmesser haltenden Krater entdeckt hat, der auf dem Gipfel des Zentralberges des Albategnius liegt. Dieser kleine Krater ist nun nachträglich von Weinek auf einem von Löwy und Puiseux aufgenommenen Negativ gefunden worden, welches zugleich zwei kleine ihm nahe Krater zeigt. Diese sind noch mit dem Auge nicht entdeckt, weil noch keine derartigen Bedingungen zu erzielen waren, bei denen sie deutlich erschienen. Gaudibert hat aber diese Bedingungen angegeben, und die Entdeckung dieser durch die Photographie bekannten Gebilde wird nun kaum noch auf sich warten lassen.

Der bekannte englische Vulkanforscher Poulett Scrope hatte in seinem Werk einen Versuch zur künstlichen Erzeugung einiger Haupttypen der Mondoberfläche angegeben:

„Wenn man, sagt er, eine gewöhnliche Bratpfanne 2 bis 5 cm hoch mit Gipsbrei anfüllt, dem etwas Vogelleim beigemischt ist, um das schnelle Erstarren zu verhindern, und dieselbe dann derart schnell erhitzt, dafs der Teig mit ziemlicher Heftigkeit kocht, so lassen schliefslich die Blasen, die fortwährend an der Oberfläche platzen, indem sie sich rasch an denselben Punkten folgen, wenn die ganze Flüssigkeit verdampft ist, zahlreiche Höhlungen zurück, die rings von einem niedrigen erhabenen Rande umschlossen sind. Diese Höhlungen, fügt Scrope hinzu, gleichen derart denjenigen des Mondes, dafs es schwierig ist, sich der Überzeugung zu entziehen, dafs unser Trabant einst einer ähnlichen Wirkung unterworfen gewesen sei, wie verschieden auch der Mafsstab war.“

An diesen Versuch knüpften einige andere an, welche Stanislas Meunier am 28. Januar v. J. der Pariser Akademie unter Vorlegung von danach angefertigten Photogrammen mitgeteilt hat. Durch Änderungen in der Dichtigkeit des Teiges gelingt es auf den modernen Gasöfen, noch andere Besonderheiten der Mondoberfläche hervorzubringen. Indem man plötzlich den Gashahn im günstigen Augenblicke schliefst, kann man den Versuch vorteilhaft aufhalten, um die plastische Materie in einer absoluten Unbeweglichkeit zu erhalten, bis das Erstarren ihr die Festigkeit giebt, welche die Erhaltung aller Details sichert.

So zeigt sich in der Mitte fast jeden Kraters eine kleine Warze, die sich — wie die aufmerksame Beobachtung zeigt — gerade in dem Momente bildet, in dem der einhüllende Krater entsteht. Diese Krater sind aber keineswegs zufällig verteilt, sondern vielmehr nach gewissen, durch die Verbreitung der Wärme und die daraus sich ergebende Konstitution des Teiges geregelten Linien angeordnet, an denen der Dampf frei wird. Es kommt vor, dafs ein einziger Circus mehrere Krater einhüllt, wie auf dem Monde. In diesem Falle ist gewöhnlich die Höhe in den Ringwällen geringer als diejenige der Umgebung, was auch für die Mondgebilde charakteristisch ist. Zwischen den mit Kratern besetzten Teilen aber sind relativ ausgedehnte Oberflächenteile fast völlig glatt geblieben und zeigen zu jenen denselben Gegensatz, wie die Meere zu den Kontinenten des Mondes.

Eine zweite Reihe von Versuchen Meuniers ergiebt sich, wenn man den Teig in dem Augenblicke, in dem er in Wallung übergeht,

mit einer sehr dünnen Schicht feinen, schwach grauen Sandes bedeckt. Die Ausbrüche bringen dann die weifse Materie aus dem Grunde bis oberhalb dieses gefärbten Häutchens, die Kraterketten und die daraus hervorgehenden Abflufsrinnen (coulées) bilden Inseln auf dem allgemeinen Grunde. Die vertikal emporgeschleuderten Tröpfchen bilden, auf den Sand niederfallend, die in den Mondmeeren bemerkten zerstreuten Blöcke. Endlich gelingt es auch, die Rillen nachzumachen, wenn man den Versuch soweit treibt, bis der gröfste Teil des Wassers befreit ist. Dann sieht man Spalten sich öffnen mit langen, geraden Verästelungen, die sich quer über alle zufälligen Besonderheiten fortsetzen. Gelingt es, ein Facsimile der Mondoberfläche zu erhalten, das bis ins feinste Detail genau ist, so wird dadurch zugleich für die Entstehung derselben eine Theorie nahegelegt, die nach Meunier viel Wahrscheinlichkeit hat. Danach befindet sich der Mond in einem Zustande sideraler Entwickelung, den unser Erdball längst überschritten hat. Wenn unser Trabant auf dieser Stufe stehen geblieben ist, so schliefst Meunier daraus auf das relativ geringe Verhältnis seiner flüssigen und festen Bestandteile als die wahrscheinliche Ursache des vom Erdantlitze so verschiedenen Gepräges. Demnach wäre der Mond in der kosmischen Reihe der Entwickelungsstufen mit jenen wandelnden Petrefakten in der biologischen Welt zu vergleichen, welche die letzten Repräsentanten sonst verschwundener Organismen bilden. Um in der Scropeschen Manier auch die Stufe der Planeten hervorzubringen, bedeckte Meunier das in Eruption befindliche Gipsbad mit einer dickeren Schicht von Sand, welche die krystallinischen und geschichteten Terrains darstellen soll, die die Oberhaut unseres Planeten bilden. In der That verschiebt sich dann der Charakter dieser vulkanischen Manifestationen derart, dafs sie sich dem irdischen Typus nähern. Hier entstehen Spalten mit viel mehr lokalisierten Erhebungen, auf denen sich Krater öffnen, von welchen wahre Abflufsrinnen ausgehen, die nach aufsen hin an Breite zunehmen.

Der bekannte Verfasser des „Antlitzes der Erde", Süfs in Wien, hat sein reiches Wissen auf dem Gebiete der Geologie neuerdings auf die Erklärung der Mondphysiognomien anzuwenden gesucht.[2]) Er setzt zunächst voraus, dafs die Mondgebirge im wesentlichen aus sauren vulkanischen Gesteinen von geringer Dichte zusammengesetzt seien — eine Annahme, die aus mehrfachen Gründen gerechtfertigt ist, vor allem, weil die Farbentöne des Mondes mit denjenigen der Erdgegenden von vulkanischem Typus nahe übereinstimmen. Hier

[2]) Wiener Ak. d. Wiss. M. u. Ph. K. 95 B. 104, Abt. IIa, S. 21.

kommen die weifslich schimmernden Rillen, wie sie vom Krater Tycho und anderen ausstrahlen, besonders in Frage. Süfs meint nicht, dafs sie Zersprengungsklüfte seien, wie man nach den angeführten Versuchen von Meunier, sowie nach den älteren von Nasmyth und Carpenter glauben möchte, und zwar deshalb nicht, weil man an keinem der benachbarten Kraterränder die mindeste Spur gewaltsamer Zertrümmerung bemerkt. Sie sind vielmehr mit den Solfatarenlinien gewisser Andeevulkane zu vergleichen, welche sich alle erst gebildet haben, nachdem die eigentliche eruptive Thätigkeit dieser bereits erloschen war. Längs dieser Furchen treten saure Dämpfe hervor, welche die benachbarten Felsen mit einem grauweifsen Schimmer überziehen. Man mufs annehmen, dafs bei den irdischen Vorbildern auch der Wasserdampf seine Rolle spielte. Aber auf dem Monde — wird man einwenden — hat man bisher mit Sicherheit noch kein Wasser und selbst Luft nur von aufserordentlicher Dünne nachzuweisen gewufst. Es fragt sich demnach, ob Wasserdampf überhaupt jemals auf dem Monde vorhanden war, und ob wir ihn uns in den Laven, welche durch ihren Ausbruch und ihre nachfolgende Erstarrung dem Monde sein schwammiges Gepräge gaben, absorbiert zu denken haben. Solche vulkanischen Vorgänge, wie sie der englische Forscher Dana in den Riesenschloten der Sandwichinseln beobachtet hat, bei denen Blasen im flüssigen Gestein sich bilden, sind nur durch Wasserdampf erklärbar und haben ihr Analogon in den Coquillen, die sich bei der Fabrikation von Gufsstahl in der flüssigen Metallmasse bilden.

Diese Annahme, dafs die Mondvulkane, deren jeder eine weite, von Schlackenwällen begrenzte Ebene darstellt, in der That solche Späthildungen wie die Solfataren der Erde und jünger als die ebenen Flächen, welche man als Meere bezeichnet, sind, wird gestützt durch Messungen der Böschungen der Mondvulkane, welche N. Ebert ausgeführt hat. Diese ergaben sich dabei als weit steiler als die irdischen Feuerberge, welche durch Aufschüttung und in geringem Mafse auch durch Erhebung entstanden zu denken sind. Vielmehr ist jeder der Schlunde des Mondes nach Süfs als ein selbständiger Ausschmelzungsherd anzusehen, und das Aufquellen der Lava ohne das Vorhandensein eingeschlossener explosiver Dämpfe nicht zu verstehen. Die steilen vulkanischen Gebilde, welche nach Abschüttelung der sedimentären Gesteine von den aufgequollenen Lavamassen als Lakkolithen zurückbleiben, haben kein Analogon in dem Relief des Mondes, während andererseits das Aufschmelzen solcher Riesenflächen,

wie z. B. des Mare serenitatis, ohne Beispiel auf der Erde ist. Dagegen vergleicht Süfs mit dem Aufschmelzen von minder ausgedehnten Herden, wie Ptolemäus und Wargentin, das ruhige von keinen plötzlichen Ausbrüchen begleitete Überfliefsen der Lava über die Kraterränder auf den Sandwichinseln. Den Maaren der Eifel, welche durch vulkanische Explosionen ohne Lavaaustritte und ohne wesentliche Ausschleuderung von Auswürflingen gebildet zu denken sind, stellt er manche einzelne Berge, wie Hyginus, und die Rillen an die Seite. Wir haben hier, so meint er, Bildungen, die auf der Erde und dem Monde durch das Anwachsen der festen Rinde auf Kosten eines feurig flüssigen Innern entstehen müssen.

Einen anderen älteren Versuch, die Mondgebilde zu erklären, nimmt neuerdings der Geh. Bergrat Althans wieder auf.[3]) Nach seiner Ansicht ist es nicht Eruption, sondern der Aufsturz fremder Körper auf den Mond gewesen, welcher die Krater schuf. Es ist nicht nötig, anzunehmen, dafs dies zu einer Zeit geschah, als die Masse des Mondes noch zähflüssig war, da die beim Aufsturz verloren gehende Energie, welche sich in Wärme umsetzt, nach Robert Mayer durchaus genügt, um gewaltige Massen von Gestein zum Aufschmelzen zu bringen. Alle Gebilde des Mondes lassen sich mit dieser Theorie wohl erklären, welche durch die in den Kruppschen Werkstätten angestellten Schiefsversuche, bei denen gewaltige Panzerplatten und -Türme erprobt wurden, mannigfache Bestätigung finden.

Sm.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse des Sonnblickgipfels.

Über die Bedeutung der meteorologischen Station auf dem Sonnblick in den Hohen Tauern und über die wichtigsten Resultate der dort angestellten Beobachtungen ist bereits im vierten Jahrgange dieser Zeitschrift (1891—92) ein längerer Aufsatz erschienen. Seit jener Zeit sind verschiedene neue Beiträge zur Meteorologie des Sonnblickgipfels veröffentlicht, von denen besonders eine vor kurzem in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie veröffentlichte Arbeit Erwähnung verdient. In derselben untersucht Herr Prof. Hann die Verhältnisse der Luftfeuchtigkeit auf Grund einjähriger Registrierungen eines Richardschen Hygrographen. Abgesehen von gelegentlichen Beobachtungen während einiger Sommermonate, lag über diesen

[3]) Gäa, 1895, Heft 1 und 2; vergl. auch H. u. E., Bd. III, S. 179 mit Abb.

Gegenstand noch kein zuverlässiges Material von höheren Berggipfeln vor.

Die Aufzeichnungen der relativen Feuchtigkeit zeigen im Vergleich zur Ebene eine vollständige Umkehrung der täglichen und jährlichen Periode. Dafs dio relative Feuchtigkeit auf den Bergen im Sommer ein Maximum erreicht, wird speziell die Bergsteiger nicht in Verwunderung setzen; besonders charakteristisch zeigen sich die Feuchtigkeitsverhältnisse der Alpengipfel, wenn man die Wahrscheinlichkeit eines relativ trockenen Tages (Tagesmittel mindestens 50%) berechnet. Dieselbe beträgt im Winter 0.37, im Frühling 0.11, im Sommer kaum 0.05 und im Herbst 0.11. Von mehr theoretischem Werte ist die tägliche Periode der Feuchtigkeit. Während in der Ebene das Maximum nachts, das Minimum nachmittags eintritt, zeigt sich auf dem Sonnblick ein fast vollkommener Parallelismus zwischen Temperatur, Dampfdruck und relativer Feuchtigkeit mit einem Minimum in den ersten Vormittagsstunden und einem Maximum nachmittags.

Dieser von den allgemeinen Verhältnissen abweichende tägliche Gang der Feuchtigkeit gewinnt erhöhte Bedeutung, sobald man sich umsieht nach den Ursachen dieser Erscheinung, insbesondere der zeitweilig ganz aufserordentlichen Trockenheit, welche in den Gebieten hohen Luftdrucks vorkommt. Das Maximum der relativen Feuchtigkeit fällt dann zusammen mit der gesteigerten Wolkenbildung, welche von den gegen Abend aufsteigenden Thalwinden herrührt; das Minimum kann aber nicht wie in der Ebene durch die gesteigerte Tageswärme erklärt werden, denn es tritt vor dem Temperaturmaximum ein. Die naheliegende Vermutung, den Grund hierfür in einer Änderung der Windrichtung, verbunden mit dem Eintreffen eines warmen, trockenen Luftstromes zu suchen, ist auch nicht haltbar, denn die gröfsten Trockenheiten treten vorwiegend bei nördlichen Winden auf. Man mufs daher eine herabsinkende Luftbewegung annehmen, welche vielleicht von den thalwärts wehenden nächtlichen Bergwinden eingeleitet wird.

Die Betrachtung der Feuchtigkeitsverhältnisse führt uns somit zu Einblicken in die dynamischen Vorgänge der Atmosphäre. Es scheint unzweifelhaft, dafs wir in der abnormen Trockenheit auf Berggipfeln ein Anzeichen haben für das Zuströmen der Luft, welche aus einem Barometerminimum stammt und in dem Gebiete hohen Druckes wieder herabkommt. Unter dieser Annahme ergab sich, dafs in einem speziellen Falle die Luft aus einer absoluten Höhe von mindestens 5400 m herabgesunken sein mufste. Sg.

Bibliographisches.

Wilhelm Bölsche: Entwickelungsgeschichte der Natur. In zwei Bänden. Neudamm. Verlag von J. Neumann 1894, 1896.

Das Wort Entwickelung findet sich erst gegen Ende des 17. und kommt erst mit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in allgemeinere Aufnahme.[1]) Schon hieraus ist zu erkennen, dafs es der neueren Wissenschaft eigentümlich ist und, wie kein anderes, so recht den Unterschied zwischen antiker und moderner Weltanschauung charakterisiert. Die Wissenschaft unserer Tage hat die Aufgabe, die Welt aus der Welt allein zu erklären, sie mufs daher die Geschichte der Dinge rückwärts verfolgen, um so zu immer einfacheren und damit leichter erklärbaren Zuständen zu gelangen. Auf die Elemente der Dinge zurückgehend, mufs sie die aktuelle Wirklichkeit aus ihnen ableiten, nicht wie die ältere Methode sich damit begnügen, das Beharrende aus dem Wechsel der Erscheinungen herauszugreifen. Im einzelnen wird es gelten, die Gestaltungskräfte in ihrer Wirksamkeit auf die Entwickelung der organischen Dinge zu verfolgen. Klares Erkennen aber der Entwickelungsgeschichte ist nicht einfach, und auch hier gilt für das grofse Publikum, dafs es mit desto stärkeren Gefühlen für die neuen Ideen schwärmt, je unklarer die Begriffe sind, die es daraus sich bilden kann. Das wird diejenigen nicht wundernehmen, deren Aufgabe es ist, in jugendlichen, ungeschulten Geistern das Interesse für die Naturwissenschaften zu pflegen. Wie schwer ist es nicht, Klarheit über das Was und Wie zu erzeugen, und wieviel schwieriger, die Ideen auf das Woher und Warum zu konzentrieren! Wir können uns schon deshalb nicht allzusehr mit der Idee befreunden, die Entwickelungsgeschichte zum Gemeingut des Volkes zu machen, wie es mit den vorliegenden Bänden, welche die Abteilung I eines „Hausschatzes des Wissens" bilden sollen, beabsichtigt wird. Es mangelt eben allzusehr die Schulung des Geistes, die nur durch eingehende Bildung des Formensinnes erreicht werden kann. Es gehört schon eine grofse geistige Reife dazu, die Anpassungen und Vererbungen, die Veränderlichkeit nach den Lebensbedingungen, die Wechselbeziehungen zwischen Bau und Funktion zur klaren Erfassung zu bringen. Wir zweifeln demnach sehr, ob mit dem vorliegenden Buche, wie mit manchem ähnlichen, dem grofsen Publikum ein guter Dienst erwiesen ist. Uns erscheint aber das vorliegende auch seiner ganzen Anlage nach nicht recht geeignet für den bezeichneten Zweck. Der Herr Verfasser beginnt nach einer Einleitung, die durch die Fülle des Materiales etwas verwirrt, mit der Entwickelungsgeschichte der menschlichen Kenntnis von der Natur, die deshalb verfehlt erscheint, weil sie sehr viele Vor-

[1]) Eucken, Grundbegriffe der Gegenwart. 2. Aufl. 1893. S. 103, ein vorzügliches Buch, das auch im folgenden benutzt ist.

aussetzungen in Bezug auf die Kenntnisse und die Urteilsfähigkeit des Lesers macht und unserer Auffassung nach allenfalls an das Ende eines populären Buches gehört. Die Entwickelung der aufserirdischen Welt zu verfolgen, ist ein beliebter Übergang zur Entwickelung des Irdischen. Es will uns sehr zweifelhaft erscheinen, dafs damit dem didaktischen Prinzip: vom Leichteren zum Schwierigeren! Rechnung getragen wird, denn die Vorstellung aufserirdischer Dinge stöfst bekanntlich auf viel gröfsere Schwierigkeiten, als diejenige der uns nahe angehenden irdischen. Aufserdem sollte schon der Umstand, dafs sich die kosmologischen Ideen auch unter den auf der Wissenschaft Höhen Wandelnden einer allgemeinen Anerkennung nicht erfreuen, dafs es noch gährt und brodelt im Gewirre der Hypothesen, und keine als sicher und allein vertrauenswürdig aufgestiegen ist, davor warnen, dem Volke, dessen Skespis doch nur immer eine andere Art des Glaubens ist, ungeklärte Meinungen als die allein richtigen beizubringen.

Die folgenden Abschnitte sind der Erde gewidmet. Es ist natürlich, dafs ein Buch wie das zu besprechende, um die Vorstellung von den Dingen zu erwecken, illustriert sein mufs. Es ist das ein Notbehelf, dessen man nicht entraten kann, da ja die natürlichen Dinge nicht überall zur Anschauung gebracht werden können. Sehen wir uns aber ein wenig den Bilderdienst an, der in dieser Entwickelungsgeschichte getrieben wird. „Gegen 1000 Abbildungen im Texte. Zahlreiche Tafeln in Schwarz- und Farbendruck," so ist es dem Titel aufgedruckt. Die Bilder sind keineswegs allein der Aufhellung des Textes gewidmet; sie stellen zum guten Teil die Porträts berühmter Leute, ihre Statuen und Facsimiles dar, die mit der Entwickelungsgeschichte manchmal recht losen Zusammenhang haben. Es bleiben aber, wie zu erkennen, noch recht viele, der Anschauung hilfreich sein sollende Illustrationen übrig. Sie sind zum guten Teil bekannten Quellen entlehnt worden.

Sm.

Anm. d. Redaction. Zu der im vorangehenden Heft veröffentlichten Mitteilung über „Amerikanische Suchorkreise" ist zu bemerken, dafs als Quelle die Zeitschrift für Instrumentenkunde 15, S. 439, 1895 gedient hat.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Sonja Kovalevsky.

Himmel und Erde.

Reichenbachs „Od“ und die Röntgenstrahlen.

Von Dr. **Edgar Odernheimer** in Stuttgart.

Die überraschenden Mitteilungen von Professor Röntgen über eine neue Art von Strahlen, welche undurchsichtige Körper zu durchdringen im stande sind, haben Veranlassung gegeben, an einen in den 50er Jahren viel genannten Naturforscher, an den Freiherrn v. Reichenbach, und sein Od zu erinnern. Ja, man bezeichnet Reichenbach vielfach sogar als den Vorgänger Röntgens, da er schon lange gekannt habe, was jetzt durch Röntgens Versuche seine Bestätigung gefunden.

Sagt doch Dr. Heinrich Kraft in Strafsburg am Schlusse seines Aufsatzes über Röntgen und Reichenbach, man solle Röntgens XStrahlen in Reichenbachs Odstrahlen umtaufen.

Dem gegenüber ist es vielleicht nicht uninteressant, die Arbeiten Reichenbachs über das Od etwas näher zu betrachten.

Reichenbach selbst klagte seine damalige Zeit bei der Zukunft an und fordert von dieser Genugthuung. Diese ist ihm wenigstens insofern geworden, als man sich wieder von neuem mit seiner Lehre beschäftigt, und es war jedenfalls Unrecht, die Resultate seiner Versuche als Phantasieen krankhaft beanlagter Menschen einfach von der Hand zu weisen.

Reichenbachs Veröffentlichungen wurden übrigens im Anfange von bedeutenden Gelehrten, wie Liebig und anderen, mit grofsem Interesse aufgenommen. Erst später, als sich Reichenbachs Spekulationen ins Ungewisse verloren und er die wissenschaftliche Begründung seiner Odlehre schuldig blieb, sowie auch die zahlreichen von anderer Seite angestellten Versuche mifsglückten, wurde er in heftigster Weise

angegriffen. So sagte Liebig: „Keine von allen Erscheinungen, welche das Od hervorbringen soll, sind von vorurteilsfreien Personen mit gesunden Sinnen wahrgenommen worden; Reichenbachs Sensitive sind nicht im stande, das, was sie sehen und empfinden, aus sich heraus selbst zu beschreiben."

Eine noch schärfere Kritik übte Dubois-Reymond an der Odlehre, indem er dieselbe als eine der traurigsten Verirrungen bezeichnete, der seit lange ein menschliches Gehirn anheimgefallen, Fabeln, die ins Feuer geworfen zu werden verdienen.

Wenn so auf der einen Seite die Angriffe wohl über das Ziel hinausgingen, so gilt dies aber andererseits erst recht von der Art, in welcher Reichenbach sich seiner Gegner zu erwehren suchte.

Er sagt über Liebigs Schriften[1]): „Die sophistische Kunst erschlichener Schlüsse ist es, worin Liebig in allen seinen Schriften die Meisterschaft dargethan und so häufig das Publikum mit Halbwahrem berückt und bestochen hat."

Das Märtyrertum eines stillen Dulders ungerechter Angriffe wird man Reichenbach daher kaum zuerkennen können.

Von Gelehrten der damaligen Zeit, welche sich günstig für die Odlehre aussprechen, führt Reichenbach in seinen „Odisch-magnetischen Briefen" Dr. Buchmann an, welcher in seiner Schrift „Die Hydrometeore in ihrer Beziehung zur Reizung der sensitiven Nervenfaser" erklärt, dafs er durch viele Versuche die Experimente Reichenbachs bestätigt gefunden habe, und in einer anderen Schrift „Das Od, eine wissenschaftliche Skizze" hat Büchner eine Reihe von Beispielen aufgezeichnet, wie unter seinen Augen odische Gefühls- und Lichterscheinungen von vielen Menschen beobachtet worden sind. Ferner will in neuerer Zeit Professor Barret in Dublin die Experimente Reichenbachs bestätigt gefunden haben.

Reichenbach steht mit seiner Odlehre nicht ohne Vorgänger da; wenn ihm auch der Enthusiasmus, mit welchem die Mesmerianer und Spiritisten ihn als einen der Ihren bezeichneten, keineswegs entzückte, so sind doch die mannigfaltigen Berührungspunkte dieser Lehren nicht zu leugnen.

K. du Prel giebt in einem kürzlich erschienenen Aufsatze, betitelt „Röntgens Strahlen und der Occultismus", eine interessante Zusammenstellung solcher Beobachtungen.[2])

---

[1]) Reichenbach, Der sensitive Mensch. Vorrede zum ersten Band.

[2]) „Die Zukunft" (Max. Harden) IV. Jahrg. 1896; S. 316.

So sagt Mesmer, dafs das magnetische Fluidum leuchtend sei. (Aphorismes de M. Mesmer §§ 269—274.)

Nach Charpignon (Étude physique sur le magnétisme animal 17, 18) soll magnetisiertes Wasser leuchten.

Tardys Somnambule sah, als sie mit einem Stahlstabe magnetisiert wurde, Licht aus der Spitze heraustreten. Nahm Tardy an Stelle des Stahlstabes einen Magnetstab, so sah sie noch ein zweites Licht in beständiger Spiralbewegung um den Stab sich bewegen, genau wie dies Reichenbach von einem Kupferdrahte beschreibt, in welchem sich ein elektrischer Strom fortpflanzt. Es wird angeführt, dafs solche Strahlen durch undurchsichtige Körper, z. B. durch ein Brett von 8 Linien Dicke hindurchgingen. Von Kupfer und Silber wird das Licht aufgehalten, während es durch Eisen unverändert durchgeht. Von Quecksilber werden die Strahlen in beschleunigter Bewegung zurückgeworfen. Daher Abneigung Somnambuler gegen Spiegel, wie dies in gleicher Weise bei Reichenbachs Sensitiven der Fall ist. (Tardy: Essai sur la théorie du somnambulisme.)

Diese Beobachtungen sind schon lange vor Reichenbachs Untersuchungen gemacht und später von Professor Nasse fortgesetzt worden (Reils Archiv 2; 246, 300—304).

Reichenbach erwähnt dieselben jedoch merkwürdigerweise nicht.

Reichenbach sagt, es giebt eine alles durchdringende Kraft, deren Vorhandensein aber nur sensitiven Naturen bemerkbar werde. Seine Definition des sensitiven Menschen kann aber durchaus nicht als eine klare angesehen werden, denn sie begreift so viele verschiedene Charaktereigentümlichkeiten in sich, dafs fast ein jeder Mensch einige derselben besitzt.

Da aber von einer grofsen Anzahl Personen, welche nach Reichenbach wenigstens als „gut mittelsensitiv“ bezeichnet werden müfsten, trotz genauer Wiederholung der Versuche, keine der von Reichenbach angegebenen Licht- und Gefühlserscheinungen wahrgenommen werden konnten, so sind die von Reichenbach angegebenen Merkmale für den Begriff „sensitiv“, d. h. im Sinne Reichenbachs „odempfindlich“ zum mindesten keine allgemein gültigen. Diejenigen also, welche die blaue Farbe der gelben vorziehen, die nur auf der rechten Seite zu schlafen gewohnt sind, welche gern im Theater die Eckplätze einnehmen, welche es ferner nicht vertragen können, längere Zeit in engem, geschlossenen Raume (Postwagen etc.) eingepfercht zu sitzen, müssen keineswegs sensitiv für sein Od sein. Wohl aber können sie es sein, und wir sind jedenfalls nicht be-

rechtigt, an der subjektiven Wahrheit der Angaben dieser vielen, von Reichenbach zu seinen Versuchen benutzten Personen zu zweifeln.

Wenn wir daher auch das Vorhandensein solcher uns noch verborgenen Erscheinungen nicht zu leugnen brauchen, so wissen wir aber auf der anderen Seite auch, welchen Selbsttäuschungen sensitive Naturen unterworfen sind, so dafs es ein grofser Fehler ist, solchen Aussagen eine wissenschaftliche Beweiskraft zuerkennen zu wollen. Auf wie schwachen Füfsen eine Beweisführung steht, welche sich nur auf die subjektive Wahrnehmung einzelner Menschen stützt, hat übrigens Reichenbach selbst empfunden, indem er den Mangel eines allgemeinen „Odoskopes“ und „Odometers“ bedauert, mit welchem die Existenz seines Odes aller Welt nachgewiesen werden könnte. (Reichenbach: „Der sensitive Mensch“.)

Als Odquellen sind nach Reichenbach in erster Linie das Sonnen- und das Mondlicht anzusehen; aber auch der Mensch, die Tiere, die Pflanzen, die Mineralstoffe, überhaupt alle Körper sind Odträger.

Od bildet sich bei allen Bewegungsvorgängen, so bei Reibung, Druck, Wärme, Licht, Elektrizität und chemischen Reaktionen. Reichenbach sagt, Wärmestrahlen sind es nicht, obgleich sie ähnliche Empfindungen erregen, ebensowenig elektrische oder magnetische Erscheinungen, weil sie keinen Einflufs auf das Elektroskop ausüben.

Metallplatten, auf welche der Mond oder die Sonne scheint, werden für Sensitive so durchsichtig wie dünnes Horn oder Hausenblase.

Auf einem weifsen Tische wirft das Licht helle Flecken, einen weifsen von Eisen und einen rötlichen von Kupfer. In der zwischen der weifsen Fläche und dem Tische befindlichen Luft waren keine Lichtstrahlen bemerkbar. Bedeckte er die Bleche mit einem dichten Tuche, so nahm die Stärke des Lichtes bedeutend ab. Die Lichtflecke durch Mondlicht sind stärker, als die durch Sonnenlicht.

Reichenbach stellt demnach folgende Sätze auf:

Die Odstrahlen der Sonne und des Mondes gehen leuchtend durch Metallbleche hindurch, und dies so vollständig, dafs sie hinter diesen ihren Schein auf jeden festen Körper werfen.

Unter dem Einflusse der Elektrizität werden aber auch andere Körper durchsichtig. So sah eine Sensitive in der Dunkelkammer ihre Hände in der Nähe elektrischer Ausströmung durchscheinend

werden. Ihre Finger wurden transparent, und sie konnte darin Adern, Nerven, Sehnen und Bandfasern unterscheiden.

Reichenbach bemerkt hierzu: „Dies kann von unberechenbarer Wichtigkeit für die Heilkunde, insbesondere für die Diagnose werden. Es wird gelingen, jeden kranken Leib für Hochsensitive vollkommen durchscheinend zu machen."

Das Odlicht wird durch Drähte fortgeleitet.

Durch eine Sammellinse konzentriertes Sonnenlicht verstärkt das Leuchten, so dafs ein in der Dunkelkammer endigender Draht ein so helles Licht ausstrahlte, dafs Gegenstände noch auf $4\frac{1}{2}$ Schritte Entfernung hell beleuchtet wurden.

Diese Konzentration der Sonnenstrahlen hatte also eine viel stärkere Wirkung, als die sechsmal mehr Licht aufsaugende, sie aber nicht verdichtende Blechplatte.

Reichenbach prüfte auch das in seine Farben zerlegte Sonnenlicht. Er warf bei gutem Sonnenschein ein Spektrum auf einen Papierschirm, führte einen Draht in dasselbe parallel mit der Farbe, so dafs derselbe jedesmal nur von einer Farbe beschienen wurde, und leitete das andere Ende in die Dunkelkammer. Der Draht leuchtete nun in den betreffenden Farben.

Unter Violett hinauf in die chemischen Strahlen geführt, zeigte der Draht wieder blaue Färbung, allmählich verblassend, wenn der Draht höher geführt wurde, bis sie endlich erlosch. Unterhalb des roten Strahles verlor sich die Färbung durch rosenrot und blafsrötlich in Farblosigkeit.

Eine Sensitive will auf diese Weise sogar das Violett des Spektrums in Blau und Rot getrennt zerlegt gesehen haben.

Schlufsfolgerung: „Es giebt ein Licht, oder das Licht hat die Eigenschaft, nicht blofs strahlend fortzugehen, sondern sich auch träge von den Körpern fortleiten zu lassen.

Das Licht ist folglich wie die Wärme nicht nur ein strahlendes, sondern auch ein träges Dynamid, das gemeinschaftlich mit dem Ode langsam in den Körpern fortgeht und sich durch ihre Substanz fortleitet."

Zusammenstellung:

1. Odstrahlen bilden sich bei allen Bewegungserscheinungen.

2. Die Odstrahlen werden durch Sonnenlicht, Mondlicht und durch Lampenlicht hervorgebracht.

3. Das Licht erhöht die Odglut der damit beschienenen Körper und steigert sie bis zur vollen Durchsichtigkeit.

Dasselbe geschieht durch die Einwirkung elektrischer Ausströmung.

4. Durch Metallbleche gehen die Strahlen wie durch Glas hindurch und können jenseits aufgefangen werden. Desgleichen sind auch Steine, Holz etc. durchlässig für Od.

5. Die Odstrahlen lassen sich an Drähten fortleiten und erscheinen als Odglut am anderen Ende der Drähte.

6. Prismatisches Sonnen- und Mondlicht folgt diesen Leitungsgesetzen unter Beibehaltung seiner jedesmaligen Farbe.

7. Das Odlicht wird gebrochen, reflektiert und polarisiert wie gewöhnliches Licht.

Es sind bei dieser Zusammenstellung nur die Lichterscheinungen angeführt und alle Gefühlseindrücke wie Wärme und Kälte, welche das Od hervorrufen soll, aus dem Spiele gelassen, da diese hier nicht von Interesse sind und sich aufserdem noch weniger richtig beurteilen lassen als die ersteren.

Vergleichen wir mit diesen Reichenbachschen Versuchen die Entdeckungen Röntgens und die Arbeiten seiner Vorgänger, so sehen wir allerdings, dafs in manchen Punkten eine auffallende Übereinstimmung zu bemerken ist.

Man kannte bis vor einiger Zeit neben den sichtbaren Strahlen noch zweierlei unsichtbare Strahlen, und zwar die von Herschel im Jahre 1800 entdeckten ultraroten Wärmestrahlen und die 1801 von Ritter aufgefundenen ultravioletten, chemisch wirksamen Strahlen.

Die ultraroten Strahlen gehen durch viele undurchsichtige Körper, z. B. Hartgummi, ohne Schwierigkeit hindurch, allerdings auch durch manche Substanzen nicht, welche für das gewöhnliche Licht durchlässig sind. —

Eine dritte Erweiterung erfuhr der Begriff des Lichtes durch die Hertzschen Wellenstrahlen. Diese Wellenstrahlen elektrischer Kraft pflanzen sich nach denselben Gesetzen wie die Lichtstrahlen fort.

Sie haben die Eigenschaft, durch Papier, Holz, Mauern hindurchzugehen. Nur Metalle sind für sie undurchlässig.

Für die in der Hittorfschen Röhre erzeugten, besonders von Lenard untersuchten, Kathodenstrahlen ist Aluminium der einzige Körper, welcher diese Strahlen bei einigermafsen gröfserer Dicke durchläfst.

Während nun alle diese vier verschiedenen Strahlen den Gesetzen der Optik wie die gewöhnlichen sichtbaren Lichtstrahlen folgen, weichen die neuen von Röntgen entdeckten Strahlen wesentlich von diesen ab

Wir haben zwar gesehen, dafs auch die Kathodenstrahlen, mit denen die neuen Strahlen die meiste Ähnlichkeit haben, im stande sind, undurchsichtige Körper zu durchdringen, aber in viel gröfserem Mafse gilt das von den Röntgenstrahlen. Wenn dies daher auch kein prinzipieller Unterschied ist, so ist es doch diejenige Eigenschaft, welche am meisten in die Augen fällt.

Mit den ultravioletten Strahlen haben die Röntgenstrahlen die chemische Wirkung auf photographische Platten und die Fluorescenzerscheinungen gemein, aber wie schon erwähnt, sind die ultravioletten Strahlen den Gesetzen der Brechung, Reflexion und Polarisation unterworfen, was bei den neuen Strahlen nicht der Fall ist.

Diese Nichteinordnung in die Gesetze der Optik und ihre Verschiedenheit von den bisher bekannten Lichtarten hat wohl auch hauptsächlich die Veranlassung gegeben, die Röntgenstrahlen mit den Odstrahlen Reichenbachs zu vergleichen.

Gemeinsam ist beiden die leichte Durchdringbarkeit undurchsichtiger Körper.

Hält man nach Röntgen die Hand zwischen den Entladungsapparat und den Schirm, so sieht man die dunkleren Schatten der Handknochen in dem nur wenig dunklen Schattenbilde der Hand. In gleicher Weise sehen Reichenbachs Sensitive ihre Hand in der Dunkelkammer durchscheinend werden.

Die von Reichenbach an diese Erscheinung geknüpften überschwenglichen Hoffnungen für die Diagnose sind jetzt, wenn auch in bescheidenerem Mafse in Erfüllung gegangen. So soll es z. B. dem französischen Chirurgen Lamelongue gelungen sein, zwei in ihren Symptomen sehr ähnliche Knochenkrankheiten von einander zu unterscheiden und Knochentuberkulose nachzuweisen.

Durch die Luft werden beide Strahlenarten nur wenig absorbiert. So konnte Röntgen das Fluorescenzlicht noch in 2 m Distanz vom Entladungsapparate wahrnehmen.

Reichenbach giebt für seine Odstrahlen eine Entfernung von $4\frac{1}{2}$ Schritten an, in welcher das Licht deutlich wahrnehmbar sei. In der zwischen dem Auffangeschirm befindlichen Luft waren keine Lichtstrahlen bemerkbar. Dasselbe gilt auch von den Röntgenstrahlen.

Die Strahlen haben ferner das Wesentliche gemeinsam, dafs die

von ihnen getroffenen Körper auf einer weifsen Fläche deutliche Schatten werfen. So sagt Reichenbach, dafs die von einem Hufeisenmagneten von 100 Pfd. Tragkraft in der Dunkelkammer ausgehenden Strahlen hinter einer Hand ein deutliches Schattenbild erzeugten.

Es wäre auffallend gewesen, wenn Reichenbach nicht auch den Versuch gemacht hätte, diese Schattenbilder durch den photographischen Prozefs zu fixieren, denn er hätte damit ein Odoskop gefunden, mit welchem er die Existenz seiner Odstrahlen allen Zweiflern gegenüber nachweisen konnte.

Nach K. du Prel soll auch Reichenbach in dieser Weise nach einigen Minuten Exposition Bilder auf der photographischen Platte erhalten haben. In der Vorrede des ersten Bandes seines „sensitiven Menschen“ sagt jedoch Reichenbach, dafs er die Angaben eines Daguerreotypisten, welcher Lichtbilder mit Odlicht erhalten haben wollte, leider nicht bestätigt gefunden habe.

Diese Übereinstimmung mit den Röntgenstrahlen scheint also zum mindesten zweifelhaft, obgleich es ja nicht ausgeschlossen wäre, dafs bei einer Wiederholung dieser Versuche mit unseren jetzigen hochempfindlichen photographischen Platten sich solche Lichterscheinungen photographisch fixieren liefsen.

Nach Reichenbach werden die Odstrahlen gebrochen, reflektiert und polarisiert wie gewöhnliches Licht, was aber bei den Röntgenstrahlen, wie schon erwähnt, nicht der Fall ist.

Identisch können also beide schon aus diesem Grunde nicht sein, wenn wir auch darauf kein Gewicht zu legen brauchen, dafs die Röntgenstrahlen bis jetzt nur durch die elektrische Entladung im Innern stark evakuierter Röhren hervorgerufen worden sind. Es wäre ja nicht unmöglich, dafs auch noch andere Quellen für diese Strahlen aufgefunden werden, denn schon mehren sich die Angaben, dafs auch in anderen Lichtquellen Strahlen enthalten sind, welche undurchsichtige Körper zu durchdringen im stande sind.

So hat G. Le Bon kürzlich der Akademie der Wissenschaften in Paris die Mitteilung gemacht, dafs es ihm gelungen sei, durch eine Eisenplatte hindurch auf einer photographischen Platte bei einer dreistündigen Belichtung durch Sonnen- oder Lampenlicht schwache, aber deutlich sichtbare Bilder unter einem Negativ zu erhalten. Stärker wurde das Bild, wenn er hinter die empfindliche Glasplatte eine Bleiplatte brachte und die Ränder derselben so umbog, dafs sie die Eisenplatte bedeckten.

Le Bon nimmt an, dafs der durch die Berührung der beiden Metalle

Blei und Eisen entstehende, schwache thermoelektrische Strom die Wirkung der Lichtquelle auf die photographische Platte verstärkt.

Ferner hat H. Schmidt [3]) verschiedene undurchsichtige Stoffe auf ihre Lichtdurchsichtigkeit geprüft. Als Lichtquelle verwendete er eine Bogenlampe, stellte in 30 cm Entfernung eine Sammellinse auf und 8 cm von dieser entfernt den zu untersuchenden Stoff, welcher in einer mit aufschiebbarem Deckel versehenen Kassette untergebracht war. Zwischen dem Stoff und der Platte befand sich ein aus schwarzem Papier ausgeschnittenes Kreuz. Wurde dieses Kreuz mit einer 0,4 mm dicken Platte aus Hartgummi bedeckt, so war bereits nach 5 Minuten langer Belichtung eine Wirkung auf der Bromsilberschicht bemerkbar, welche sich dadurch zu erkennen gab, dafs beim Entwickeln ein helles Kreuz auf dunkelem Grunde erschien.

Eine 1,3 mm starke Hartgummiplatte mufste 20 Minuten belichtet werden. Ähnlich verhielt sich schwarzes Papier.

Diese Durchlässigkeit der Strahlen scheint übrigens nur für verhältnismäfsig dünne Schichten zu gelten, denn Professor Zuntz und Dr. Frentzel konnten durch Bogenlicht in verschlossener Kassette auch bei $1^1/_2$ stündiger Belichtung keine Schattenbilder erhalten. [4])

Wenn wir demnach wissen, dafs es Strahlen giebt, welche undurchsichtige Körper mit Leichtigkeit durchdringen, ohne wesentlich von ihrer Kraft einzubüfsen, und dafs auch das gewöhnliche Licht solche Strahlen zu enthalten scheint, so liegt es daher nur an der Organisation unseres Auges, dafs wir die Körper nicht durchscheinend sehen.

Durch die Annahme aber, dafs einzelne Menschen, wie Reichenbachs Sensitive, in dieser Beziehung mit anders organisierten Augen ausgerüstet sind, werden uns die Erscheinungen selbst in keiner Weise näher gerückt.

Die odischen Gefühls- und Lichterscheinungen, so interessant sie auch an und für sich sein mögen, sind der wissenschaftlichen Forschung heute noch geradeso unzugänglich wie zu Reichenbachs Zeiten.

Das Od ist ein Kollektivbegriff für eine Summe unaufgeklärter Erscheinungen, deren Zusammengehörigkeit dadurch nicht bewiesen wird, dafs man sie mit einem gemeinsamen Namen belegt. Die Bemühungen, der Odlehre durch die Röntgensche Entdeckung wieder

[3]) Phot. Rundschau 1896. 10; 2.

[4]) Chem. Ztg. 1896. 20; 151.

zu neuem Leben zu verhelfen, müssen als ein ganz verfehltes Streben angesehen werden.

Aber was kümmern Spiritisten, Seelenriecher, Occultisten und andere, welche die Röntgensche Entdeckung für ihre Lehren auszubeuten suchen, wissenschaftliche Thatsachen, wenn sich nur die Gelegenheit bietet, ihre absonderlichen Ansichten in möglichst auffallender Form auf den Markt zu bringen.

Die Entwickelung des Hühnchens im Ei.*)

Von Dr. **Carl Müller** in Berlin,
Dozenten an der kgl. technischen Hochschule.

Von derselben Hochschule aus, von welcher vor kurzem eine die wissenschaftliche und in nicht minderem Mafse die nichtwissenschaftliche Welt in Erstaunen und Bewunderung versetzende Entdeckung ausging, die Entdeckung einer Strahlengattung, deren Wirkung die Gemüter selbst der nüchternsten Denker und Forscher wie ein Zauberschlag moderner Magie bewegte — von derselben Hochburg deutschen Forschergeistes aus wurde zu Anfang unseres Jahrhunderts eine wissenschaftliche Bewegung, das Studium der Entwickelungsgeschichte der Tiere, mit der Erforschung der im Ei des Huhnes bei der Bebrütung sich abspielenden Vorgänge in unser naturwissenschaftliches Zeitalter hinübergeleitet. Die Bedeutung der damals neu aufkeimenden Forschungsrichtung dürfen wir nicht minder hochschätzen als die Entdeckung ungeahnter Kräfte, welche uns trotz allen berechtigten Triumphes doch in der Erkenntnis des Warum der Erscheinungen kaum einen Schritt vorwärts bringen.

Wurzelt das Studium der Entwickelungsgeschichte immerhin in den Forschungen der grofsen Anatomen des 17. Jahrhunderts, in den Beobachtungen eines Harvey[1]), Swammerdam[2]), Leeuwenhoek[3]) und Malpighi[4]), jener Sterne erster Gröfse am wissenschaftlichen Horizonte der Vergangenheit, war auch bereits das sich immer starrer

*) Gemeinverständlicher Vortrag über die grundlegenden Erscheinungen der Körper- und Organbildung der höheren Tiere, gehalten in der Urania zu Berlin.

[1]) Exercitationes de generatione animalinm (1652).

[2]) Bibel der Natur.

[3]) Opera omnia seu arcana naturae. Lugduni Batav. 1715—22.

[4]) De formatione pulli und De ovo incubato in Opera omnia, Lugd. Batav. 1687, T. II.

der Naturerkenntnis entgegenstellende Bollwerk der spekulativen Naturphilosophie auf dem Gebiete der Entwickelungsgeschichte — die noch von Leibnitz verteidigte Evolutionstheorie — durch die Enthüllungen des Hallensers Caspar Friedrich Wolff[5]) weithin unterminiert und an einem seiner festesten Punkte in Bresche gelegt worden, so bildet doch die Anregung, welche Döllinger in Würzburg auf zwei hochbegabte Schüler, auf Pander und dessen Jugendfreund, Karl Ernst von Baer, überpflanzte, den Beginn einer neuen Ära, auf welche unser Jahrhundert mit berechtigtem Stolz zurückblicken darf. An seiner Neige stehend, scheint es uns kein undankbares Beginnen zu sein, das, was die Wissenschaft auf einem ihrer endlosen Gebiete gewonnen hat, für einen weiteren Kreis zur Darstellung zu bringen, wobei es uns in erster Linie darauf ankommen soll, die erweiterten Gesichtspunkte mehr als die Sonderergebnisse der Forschung in den Vordergrund zu stellen.

Beginnen wir unsere Betrachtungen mit der schon von Harvey gewonnenen Erkenntnis, dafs alles Lebende aus einem Ei hervorgeht, und setzen wir auch zugleich voraus, dafs diese Erkenntnis durch das Schlagwort „Omne vivum ex ovo" zu einem Gemeingut aller Gebildeten geworden ist[6]), so bedarf es doch noch einer Erörterung dessen, was man unter einem Ei zu verstehen hat. Wir bezeichnen als Ei ein den morphologischen Wert einer Zelle darstellendes, aus lebender Körpersubstanz — Protoplasma — bestehendes Gebilde, meist von mikroskopischer Kleinheit, das aus dem Organisationsverbande des mütterlichen erzeugenden Körpers sich loslösend den Ausgangspunkt für die Entwickelung eines neuen Einzelwesens bildet. Welche Formenwandlung das Ei auf dem Wege zum Einzelwesen erfährt, macht den Gegenstand der Entwickelungsgeschichte aus.

Wollten wir nun streng zu Werke gehen, so müfsten wir an dieser Stelle die Vorbedingungen für die Möglichkeit der Fortentwickelung des Eies erörtern, die in der weitaus gröfsten Zahl der

[5]) Theoria generationis, Halae 1759 (deutsch Berlin, 1764) und De formatione intestinorum in Nov. Comment. Ac. sc. J. Petropolit. XII, 1786 und XIII, 1769 (deutsch in Meckels Archiv, 1812).

[6]) Wie alle geflügelten Worte nicht wortgetreu sind, so dürfte auch der obige Satz nicht seinem Wortlaute nach auf Harvey zurückführbar sein. Man vergleiche darüber die Studie von W. Preyer: Über die Erzeugung der Tiere, in „Biologische Zeitfragen", Berlin, 1889. Danach zeigt der Titelkupfer der Harveyschen Exercitationes eine allegorische Darstellung eines allerlei Tiere entlassenden Eies dessen Schale die Aufschrift trägt: Ex ovo omnia.

Fälle, ausnahmslos bei allen durch die Trennung der Geschlechter ausgezeichneten Wesen in der Verschmelzung männlichen Protoplasmas mit dem weiblichen des Eies beruhen, in Vorgängen, welche zugleich die Erörterung der Probleme der Vererbung anbahnen würden Wir wollen jedoch absichtlich an dieser Stelle jenes grofse Geheimnis im Werden der belebten Geschöpfe aufser acht lassen und diesseits desselben, die Entwickelungsfähigkeit des Eies als gegeben voraussetzend, unsere Erörterungen aufnehmen.

In seiner Eigenschaft als Zelle unterscheiden wir an jedem Ei die von der Zellhaut (Dotterhaut, membrana vitellina) umgebene, an Nährsubstanzen, insbesondere an Fett und Eiweifsstoffen reiche, oft gelb gefärbte Protoplasma-Masse, den Dotter (vitellus), welcher die Hauptmasse des Eies auszumachen pflegt. Er umhüllt einen nur mit dem

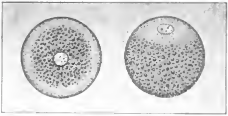


Fig. 1. Fig. 2.

Mikroskope wahrnehmbaren Zellkern, das von Purkinje[7]) entdeckte Keimbläschen (vesicula germinativa). Entweder nimmt das letztere die Mitte des Dotterkörpers ein (Fig. 1), und die Dottermasse zeigt alle Inhaltsstoffe in annähernd gleicher Verteilung rings um jenen organischen Mittelpunkt, oder es stellt sich schon frühzeitig im Ei ein polarer Gegensatz in der Weise heraus, dafs das Keimbläschen mit feinkörniger, fast homogener Dottermasse die eine Seite der Eikugel einnimmt, während die andere Seite, oft mehr als die Hälfte der Eisubstanz umfassend, von gröberen Dotterelementen getrübt erscheint (Fig. 2). Es hat sich in den letzterwähnten Eiern die zur Bildung des werdenden Keimes bestimmte Dottermasse, der Bildungsdotter, ohne eine feste Grenze erkennen zu lassen, von der für die Ernährung des Keimes bestimmten Masse, dem Nahrungsdotter, unvollkommen abgesondert. Bildungsdotter und Nahrungsdotter vertreten ein aktives, einer gewissen Selbstbestimmung befähigtes und ein passives, einer gewissen Trägheit

[7]) Symbolae ad ovi animalium historiam ante incubationem. Lipsiae, 1825.

und Unfähigkeit unterworfenes Element im Ei, oder, wie man es wohl ausdrückt, sie sondern von vorne herein eine animalische Sphäre von einer vegetativen.

In höchst auffälliger Weise ist die Sonderung in Bildungs- und Nahrungsdotter in dem Vogelei vollzogen (Fig. 3). Die mächtige, an gelber Fettsubstanz reiche Dotterkugel stellt uns eine von der äufserst zarten Dotterhaut umgebene Riesenzelle[8]) dar, deren plasmatischer Inhalt fast ausschliefslich Nahrungsdotter ist, von dem sich der Bil-

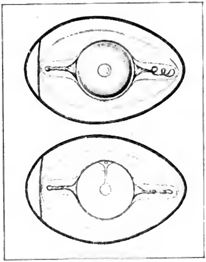


Fig. 3.

dungsdotter als eine zentrale kugelige, durch weifsliche Färbung sich kennzeichnende Masse abgesondert hat.[9]) Von dem zentralen Bildungsdotter läfst sich die weifse Dottermasse in einem den Dotter nach oben durchsetzenden Strange verfolgen, welcher sich an der Oberfläche der Dotterkugel zu einer scharf abgegrenzten, kreisrunden Scheibe von etwa $2^1/_2$—$3^1/_2$ mm Durchmesser, der Keimscheibe (discus proli-

[8]) Riesenzelle insofern, als die grofse Mehrzahl aller den Leib der Pflanzen und Tiere aufbauenden Zellen so winzige Gebilde sind, dafs man sie nur mit Hilfe des Mikroskopes, gewöhnlich sogar nur bei Anwendung starker Vergröfserungen sichtbar machen kann.

[9]) Man erkennt diesen Bildungsdotter oft in hartgesottenen Eiern daran, dafs er innerhalb der erstarrten Dotterkugel noch zähflüssig geblieben ist.

gerus), oder, wie sie im Volksmunde heifst, dem Hahnentritt, ausbreitet. In dieser Scheibe ruht dicht unter der Dotterhaut das Keimbläschen als ein linsenförmig abgeplattetes Gebilde. (Das obere Bild in Fig. 3 zeigt das geöffnete Hühnerei von oben. Es läfst mitten auf der Dotterkugel die Keimscheibe erkennen. Das untere Bild in Fig. 3 stellt den idealen Durchschnitt vom oberen zum unteren Pol der Dotterkugel dar).

Einen accessorischen Charakter haben die Schleimmassen, welche die Dotterkugel im fertig gebildeten bezw. im gelegten Ei als Eiweifs zu umhüllen pflegen. Sie fehlen den Eiern (dem „Rogen") der meisten Fische, überhaupt ziemlich allgemein sehr kleinen Eiern. Die Eier der nackthäutigen Amphibien, der Frösche, sind dagegen von voluminösen Schleimmassen umgeben, welche die abgelegten Eier zu formlosen Ballen als „Laich" verkitten. In allen Fällen aber, wo Eier weder im Innern eines mütterlichen Leibes, noch im Wasser oder doch im feuchten Elemente ihre fernere Entwickelung durchlaufen, bedarf es besonderer schützender, widerstandsfähigerer Hüllen. Bei den Schlangen und vielen Eidechsen umgiebt sich jedes Ei mit einer Schicht von Eiweifs, die mit einer pergamentartigen Haut nach aufsen abschliefst. Die Eier der Krokodile und Schildkröten sind aber genau so wie die Eier der Vögel aufser mit Eiweifs mit einer festen, durch Kalkeinlagerung fast knochenharten Schale umgeben. Dagegen zeigen die durchschnittlich nur $^1/_5$ mm Durchmesser haltenden Eier der Säugetiere nur eine wenig voluminöse durchsichtige Dotterhülle (zona pellucida) (Fig. 4).

Am Hühnerei, dem Typus der Vogeleier, sind noch einige Verhältnisse beachtenswert. Zunächst beobachtet man, dafs sich die nicht verkalkte, die Eischale innen auskleidende faserige Haut am stumpfen Eipole einige Tage nach der Ablage des Eies in zwei Lagen spaltet, zwischen welchen sich alsbald Luft ansammelt (Fig. 3). Der Luftraum vergröfsert sich, je länger das Ei einer Verdunstung des im Eiweifs enthaltenen Wassers ausgesetzt ist. Frisch gelegte Eier zeigen am stumpfen Pole keinen Luftraum, der dagegen bei alten und namentlich bei verdorbenen Eiern so erweitert ist, dafs solche Eier auf Wasser gelegt schwimmen. Der Praktiker bildet sich mit Leichtigkeit aus der Gröfse des durch die Schale hindurch bei geeigneter Beleuchtung sichtbaren Luftraumes ein Urteil über das Alter eines gelegten Eies.

Dafs die im noch lebensfähigen Ei der Vögel vorhandene Luft von besonderer Reinheit sein mufs, bedarf kaum hervorgehoben zu werden,

da ja die Luft erst durch die kaum mikroskopisch sichtbaren Poren der harten Eischale hindurchfiltriert wird, um in das Innere des Eies zu gelangen. Gute Luft ist aber eine unerläfsliche Bedingung für die normal im bebrüteten Ei sich abspielenden, mit einer Atmung verbundenen Stoffwechselprozesse.

Endlich mag noch erwähnt werden, dafs die Eiweifsmasse im Hühnerei mehrfache Schichtung erkennen läfst. Die peripherische Eiweifsmasse ist fast wässerig dünnflüssig; ihr folgt nach innen eine mehr schleimige Mittelschicht, während in unmittelbarer Umgebung der Dotterkugel eine zähe, fast gummiartige Eiweifsmasse angetroffen wird, die sich zapfenartig nach dem stumpfen wie nach dem spitzen Pole des Eies ausstreckt. Sie findet ihren Abschlufs in einem zarten Häutchen, welches der Dotterhaut unmittelbar aufliegt und sich in Form unregelmäfsig lockig gewundener Schnüre gegen die beiden Eipole auszieht. Man bezeichnet diese Gebilde, welche im nicht veränderten Eiweifs als weifsliche Massen sichtbar sind, in wenig zutreffender Weise als Hagelschnüre (Fig. 3).

Die Bedeutung der Eiweifshülle liegt zunächst in ihrer ernährungsphysiologischen Rolle. Das Eiweifs geht allmählich in die Dottermasse über, auch liefert es das am Aufbau aller lebenden Organismen wesentlichen Anteil nehmende Wasser, welches im Ei übrigens auch noch zu anderen Zwecken abgeschieden wird. Nur ein Teil des Wassers verdunstet im Laufe der Brutperiode durch die Eischale hindurch. Andererseits stellt das Eiweifs eine schützende und wärmespeichernde Hülle für die Dotterkugel dar, welche obenein bei der Schlüpfrigkeit der Eiweifsmasse mit Leichtigkeit bestimmte Lagenänderungen erfahren kann. Richten wir beispielsweise die spitze Seite eines Eies nach rechts, die stumpfe nach links, liegt also die grofse Achse des Eies horizontal vor uns, so wendet sich, wie wir das Ei auch um diese Achse drehen und neigen mögen, die Dotterkugel stets so, dafs die Keimscheibe nach oben zu liegen kommt. Ihre Erklärung findet diese Erscheinung darin, dafs der Nahrungsdotter spezifisch schwerer, also gleichsam mehr belastet ist, als der Bildungsdotter. Die Lage der Keimscheibe auf dem oberen Pole der Dotterkugel entspricht mithin der stabilen Gleichgewichtslage des ganzen Dotters.

Der Zweck, welcher augenscheinlich mit jener Beweglichkeit des Dotters verknüpft ist, ist unschwer einzusehen. Wird das Ei bebrütet, so wirkt die Wärme des brütenden Vogels von oben her auf die Keimscheibe. Diese ist also der Wärmequelle gegenüber in der

günstigsten Lage, sie liegt ihr so nahe, als es überhaupt möglich ist. Stände die Keimscheibe in der Gefahr, vielleicht einmal ganz unter der Dotterkugel liegen zu müssen, so wären aufser der geminderten Wärmewirkung auch zweifellos mechanische Behinderungen in der weiteren Entwickelung des Keimes zu befürchten.

Wie verrät sich nun in dem entwickelungsfähigen Ei die erste Lebensregung?

Die Antwort lautet: In allen Fällen wesentlich in der gleichen Erscheinung, in der Zerklüftung der Dottermasse in einzelne Abschnitte, in dem Furchungsprozesse.

Bei den nicht in Nahrungs- und Bildungsdotter gesonderten Eiern besteht dieser Vorgang in derselben Erscheinung, welche den Grundzug

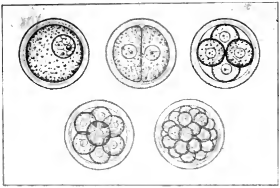


Fig. 4.

des Wachstums aller lebenden Organismen ausmacht. Das einzellige Ei läfst in seinem Innern eine Zweiteilung des Keimbläschens, seines Kernes, in zwei Tochterkerne erkennen, um welche sich das Plasma wie um zwei neue Bildungszentren zusammenballt. Beide Ballen sind durch eine sie trennende Furche scharf gegen einander abgegrenzt. (Fig. 4). Dieser ersten Furchung folgt bald in senkrechter Richtung zur ersten Teilungsrichtung, gekreuzt mit dieser, eine zweite Furchung. Der Eikörper ist dadurch in vier gleichwertig erscheinende Kugeln zerlegt. Jede derselben teilt sich von neuem in der dritten Richtung des Raumes, wir erhalten acht Kugeln, aus denen durch weitere Zweiteilungen bald 16, dann 32, hierauf 64 Kugeln u. s. f. entstehen. Die ganze Masse des Eies wird dadurch in kleinere Teilkugeln, Bausteine des werdenden Wesens zerlegt, die in ihrer Gesamtheit einer Maulbeere vergleichbar

sind und diesem Vergleiche entsprechend als das Morula-Stadium des Eies bezeichnet werden. Während nun bei einer Reihe von niederen Tieren und auch bei den Sängetieren alle Teilkugeln der Morula gleichwertig erscheinen (aequale Furchung), zeigt sich bei den in Bildungs- und Nahrungsdotter zerlegten Eiern ein freilich nur graduell verschiedener Zerklüftungsprozefs, wie er sich am bequemsten am Ei des Frosches verfolgen läfst (Fig. 5). Die erste und zweite Furchung vollziehen sich meridian zur Richtung des animalen Poles, welcher den Bildungsdotter um sich versammelt, und des vegetativen Poles, welcher dem Nahrungsdotter angehört. Die dritte Furchung vollzieht

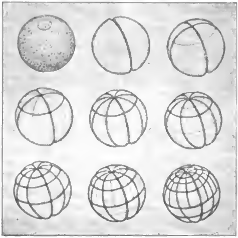


Fig. 5.

sich aber nicht genau in der äquatorialen Richtung, sondern näher dem animalen Pole, um welchen nun vier kleinere Furchungsprodukte gruppiert sind. Die vierte Furchung, in meridianer Richtung, mithin senkrecht zur vorhergehenden verlaufend, beginnt am animalen Pol, um erst später in die vegetative (untere) Hälfte überzugehen. Dann treten wieder Teilungen in Richtung der Breiten ein, doch immer so, dafs die animale Region vorangeht und die kleineren Furchungsballen erhält, wie aus unserer Figur ohne weitere Erläuterung ersichtlich sein dürfte (inaequale Furchung).

Ist schon im erörterten Falle durch die Ungleichheit der Furchungserscheinungen der Gegensatz zwischen dem animalen Pole und

dem vegetativen Pole mit seiner gröfseren, aber dafür auch unverhältnismäfsig trägeren Masse ein unverkennbarer, so erhöht er sich noch viel mehr in der Riesenzelle, welche uns der Dotter eines Vogeleies darstellt. Hier ist nicht einmal die erste Furchung im stande, die Dottermasse „total", d. h. in ihrer ganzen Ausdehnung zu zerklüften, sie vermag nur eine teilweiße („partielle") Zerklüftung und zwar nur der den animalen Pol kennzeichnenden Keimscheibe zu bewirken, ein Vor-

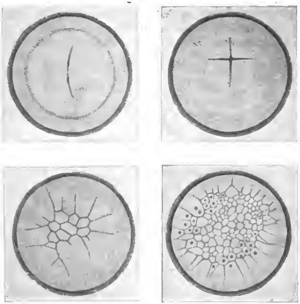


Fig. 6

gang, welcher sich übrigens noch im ungelegten Eie, im Innern des mütterlichen Huhnes vollzieht.

Die am Hühnerei auftretenden Furchungsbilder sind zuerst von Coste beobachtet worden. Wir wollen an dieser Stelle die erst im Jahre 1875 von Kölliker in Würzburg aufgenommenen Furchungsstadien wiedergeben, die wohl keiner besonderen Erläuterung bedürfen, es sei denn, dafs auf die auffällige Asymmetrie der Zerklüftung besonders aufmerksam gemacht werde.[8]) (Fig. 6).

[8]) In der folgenden Darstellung werden wir noch mehrfach Gelegenheit nehmen, unsere Bilder an Köllikersche Aufnahmen anzulehnen. Dieselben

Mit dem Fortschreiten der Furchung nimmt die Keimscheibe durch Wachstum der ihren Rand einnehmenden Abschnitte beständig an Flächenausdehnung zu, ein Vorgang, der sich besonders schnell in den ersten Tagen der Bebrütung vollzieht. Der Durchmesser der Keimscheibe wächst schon im Verlaufe des ersten Brüttages bis auf 10 oder 12 mm, um sich während des zweiten Tages auf 24 mm zu verdoppeln. Beim Beginn des vierten Brüttages hat die Keimscheibe die Dotterkugel bereits bis auf einen kleinen Fleck am unteren, vegetativen Pol umwachsen. Am Ende des sechsten Tages ist auch dieser Fleck überdeckt. Der erste und wichtigste Eroberungszug ist damit vollendet. Die aus dem Bildungsdotter hervorgegangene

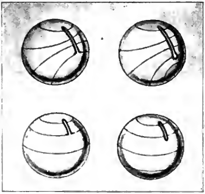


Fig. 7.

Keimhaut ist nun im Besitz der gesamten Masse des Nahrungsdotters, welcher, von der Keimhaut umspannt, im vollen Sinne des Wortes ihr einverleibt, nunmehr der weiteren Entwickelung des künftigen despotischen Alleinherrschers, des Keimes, dienen soll.

Die einzelnen Phasen dieses Eroberungszuges veranschaulichen uns die schematischen Darstellungen in Fig. 7. Die beiden oberen Bilder stellen den Vorgang dar, wie er sich bei gewissen Fischen abspielt, die beiden unteren beziehen sich auf das bebrütete Vogelei.

sind in dem schätzenswerten Werke: Albert Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere (Leipzig, 1879) veröffentlicht. Aufserdem stützen wir uns in unserer Darstellung und bei der Wiedergabe von Bildern — abgesehen von unseren eigenen Beobachtungen und Aufnahmen — auf Oscar Hertwig, Lehrbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Tiere (Jena, 1893).

In allen Bildern ist die erste Andeutung des Keimes vorhanden. Bevor wir jedoch die Abgrenzung dieses erörtern, wollen wir die Keimhaut bezüglich ihrer Dicke prüfen.

In denjenigen Eiern, welche durch die Gleichwertigkeit der Furchungskugeln zu einer symmetrischen Morula geworden sind, ordnen sich die Kugeln am Schlufs des Furchungsstadiums so in der Peripherie, dafs im Innern ein mit wässeriger Flüssigkeit erfüllter Hohlraum, eine Furchungshöhle von je nach der Art des Tieres verschiedener Gröfse, entsteht. Zeigte das Ei keine polaren Gegensätze, so liegt die Furchungshöhle zentral, war dagegen ein animaler Pol von einem vegetativen (wie etwa im Ei des Frosches) unterschieden, das Ei also „anisopol" oder „heteropol", so liegt auch die Furchungshöhle oberhalb der Mitte; die Furchungsprodukte bilden oberhalb der Höhle eine dünnere Schicht, unterhalb derselben eine dickere Anhäufung des Nährmateriales. Bei dem Hühnerei ist nun auch diese Erscheinung ins Extreme getrieben. Die Furchungshöhle ist ein ganz schmaler, mit Wasser erfüllter Spalt unter der einfachen Schicht der aus der Furchung der Keimscheibe entstandenen oberflächlichen Furchungskugeln, welche zu einer ganz zarten Haut, der ersten Keimhaut (blastoderma), zusammenschliefsen. Unter ihr liegt die noch nicht zerklüftete Bildungsdottermasse als eine mächtige, durch Aufnahme von Eiweifs noch vergröfserte Dotterkugel.

Das Gemeinsame, was bei aller Mannigfaltigkeit der Einzelfälle immer wieder hervortritt, ist die Thatsache, dafs am Schlufs der Furchung der Dotter durch das Auftreten der Furchungshöhle zu einer Blase umgestaltet ist. Man nennt diese Entwickelungsphase deshalb allgemein das Stadium der Keimblase oder Blastula. Beachtenswert ist an dieser Stelle, dafs viele niedere Tiere überhaupt keine weitere Entwickelung erfahren, also dauernd Blastulen sind.

Bei allen höher entwickelten Tieren erleidet die Keimblase in kurzer Zeit eine wesentliche Umgestaltung. Sie stülpt sich auf einer Seite etwa in der Art ein, wie ein mit Luft erfüllter Gummiball eingedrückt werden kann, sobald man der Luft an einer Stelle den Austritt, etwa durch Anstechen, ermöglicht. Drückt man von einer Seite her die gesamte Luftmenge aus dem Ball heraus, so gleicht er einer doppelwandigen Glocke mit weiter Öffnung. Den Rand der Öffnung bildet die scharfe Falte zwischen der nach aufsen gewandten Halbkugel und der sich ihr anschmiegenden eingestülpten Hälfte. Nun haben wir uns nur vorzustellen, dafs dieser Glockenrand sich mehr und mehr verengt, ja unter Umständen sich zu einer engen Öffnung von rund-

lichem oder länglichem Umrifs oder selbst zu einem schmalen Spalt zusammenzieht, so ist aus der Keimblase eine neue Körperform entstanden, ein Gebilde, an welchem man eine äufsere Keimschicht, oder, wie man sagt, ein äufseres Keimblatt (das Ectoderm) und eine dasselbe von innen her auskleidende Haut, ein inneres Keimblatt (Entoderm) unterscheidet. Schliefsen beide Häute fest an einander, so ist die frühere Furchungshöhle ganz verschwunden. Dafür hat die Keimhaut eine neue Höhle umschlossen, in welche die Randfalte hineinführt, welche die Grenze zwischen Aufsen- und Innenhaut bezeichnet.

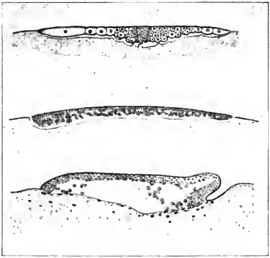


Fig. 8.

Man kann die so umzogene Öffnung des Hohlkörpers einen Mund nennen, der freilich mit dem Munde eines höheren Tieres nichts gemein hat. Man nennt ihn deshalb den Urmund, seine Grenzlinie die Urlippe. Die innere Höhle aber wird einem Darme vergleichbar sein, welchen man (dem Urmund entsprechend) als Urdarm (oder Coelenteron) bezeichnet. Der ganze Hohlkeim aber wird als Darmlarve oder Gastrula dem Blastulastadium gegenübergestellt.

Entstammt nun die Gastrula einem ungleichpoligen Ei, so wird auch ihr Glockenkörper sehr unsymmetrisch sein. Die eine Glockenseite nimmt die ganze Nahrungsdottermasse in sich auf, sie wendet sich also bei einer Schwimmmöglichkeit (wie sie etwa innerhalb des

Eiweifskörpers gegeben ist) nach abwärts; die nur aus spezifisch leichterem Bildungsdotter aufgebaute Glockenwand wendet sich dagegen nach oben, und der Urmund liegt als Eingang in die Urdarmhöhle seitlich, bei sehr grofser Bildungsdottermasse seitlich oben, wobei dann auch nur die Oberlippe des Urmundes eine schärfer ausgeprägte Randlinie sein wird.

Für das Vogelei im besonderen werden die Verhältnisse durch die Figur 8 veranschaulicht. Das obere der drei Bilder giebt uns den Anblick der quergeschnittenen Keimscheibe, wie sie etwa dem vorgerücktesten Furchungsbilde in Fig. 6 entspricht. Das untere Bild zeigt uns dagegen mitten über der erweiterten, das Blastulastadium

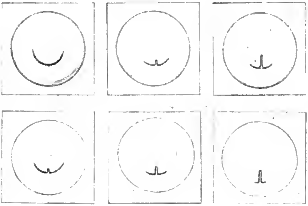


Fig. 9.

kennzeichnenden Furchungshöhle die aus Furchungskugeln entstandene einfache Keimhaut, jedoch gerade im Beginne, sich von rechts her einzufalten. Die Bucht rechts ist also die erste Andeutung des Urdarms (des Gastrulastadiums), der scharfe Umbiegungsrand der Keimhaut die Oberlippe des Urmundes. Rückt nun die Faltenhaut von rechts her unter Anlagerung neuer Bildungskügelchen immer mehr nach links, die Furchungshöhle verdrängend, vor, so wird ein Schnitt durch die Keimscheibe zwei Blätter, eine Aufsenhaut und eine noch unvollkommene Innenhaut ergeben, wie es das mittlere der drei Bilder darstellt.

Betrachten wir nun wieder das Flächenbild der bebrüteten Keimscheibe, so erkennen wir im ersten Bilde der Fig. 9 in dem sichel-

förmigen Rande (der dunklen Sichelrinne) den Umstülpungsrand der Keimhaut, die Oberlippe des Urmundes, von dem aus sich das innere Keimblatt allmählich unter die äufsere Keimhaut hinunterschieht. Wächst die Keimhaut konzentrisch um ein Stück, wie es das Bild links in der unteren Reihe andeutet, so bleibt der Mittelpunkt der Sichelrinne wie ein Fixpunkt im Wachstum stehen, die Urmundslippe erhält dabei eine scharfe Einbuchtung, man möchte fast sagen eine „Hasenscharte". Sie erscheint dann zunächst so, wie es das mittlere Bild der oberen Reihe unserer Figur veranschaulicht. Hat sich die Keimscheibe um ein weiteres Randstück vermehrt, wie es das mittlere Bild der unteren Reihe andeutet, so wird die Einbuchtung in senkrechter Richtung zur ursprünglichen Sichelrinne unter Verkürzung der Sichelränder entsprechend verlängert; die Keimscheibe erhält also das Aussehen des Bildes rechts in der oberen Reihe. Die folgende

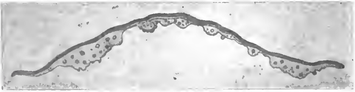


Fig. 10.

Phase deutet das Bild rechts in der unteren Reihe an. Hier ist die Sichelrinne kaum noch angedeutet; an ihrer Stelle hat sich die zu ihr senkrechte Einbuchtung als eine schmale rinnige Vertiefung gebildet, die endlich, wie schon durch Fig. 7 zum Ausdruck gebracht worden ist, durch einen Schlufs der Keimscheibe hinter dem Urmunde eine definitive Abgrenzung erfährt. Die so entstandene Umwandlungsrinne des Urmundes hat Karl Ernst von Baer den Primitivstreifen genannt[9]). In dem Hühnerei verläuft er gerade so, wie es in Fig. 9 dargestellt ist, sofern wir voraussetzen, dafs das spitze Ende des Eies nach rechts, das stumpfe nach links gewendet ist. Der Primitivstreifen verläuft also in der Richtung der Querachse des Eies und

[9]) Da der Primitivstreifen die Hauptachse des künftigen Tieres ihrer Richtung nach kennzeichnet, so hat ihn His den Axenstrang genannt, während er von anderen wegen der seichten Vertiefung auf der Oberfläche der Keimscheibe als die Primitivrinne bezeichnet wird. Von Baer glaubte in ihm die erste Anlage des Rückenmarkes erblicken zu müssen, was jedoch nicht zutrifft.

zwar richtet sich nach ihm die ganze fernere Körperentwickelung des künftigen Tieres. Der Primitivstreifen scheidet die rechte und linke Seite des Tieres, er traciert sozusagen die vom Kopfe zum Schwanzende reichende Mittellinie des Leibes und zwar in der Weise, dafs das von Anfang an geschlossene Ende des Streifens dem Kopfende, dem Vorn des Tieres, entspricht.

Würden wir nun quer zur Richtung des Primitivstreifens etwa in dem rechten Bilde der oberen Reihe der Fig. 9 einen Schnitt ausführen und diesen bei etwa 30facher Vergröfserung betrachten, so würden wir das in Fig. 10 nach Kölliker wiedergegebene Bild erhalten. Wir erblicken in diesem das äufsere Keimblatt als eine feine Haut, unter welcher sich das in der Mitte dünnere, beiderseits durch eine Verdickung gekennzeichnete innere Keimblatt ausbreitet. Diese ungleichen Dicken bewirken es, dafs die Keimscheibe in diesem Bebrütungsstadium, mit unbewaffnetem Auge von der Fläche betrachtet und dem Dotter aufliegend, bereits in ihrer Mitte ein längliches durchsichtiges Feld, den hellen Fruchthof (area pellucida), erkennen läfst, von dem sich die dickere und deshalb undurchsichtige Randzone als dunkler Fruchthof (area opaca) abhebt. Der Primitivstreifen bildet eine Zeit hindurch die beiderseits blind endende Mittellinie des hellen Fruchthofes, um dann von vorn nach hinten zu allmählich zu schwinden. Für die weitere Entwickelung ist er völlig bedeutungslos. Während des Schwindeprozesses tritt aber bereits ein neues Entwickelungsmoment in die Erscheinung, die Abschnürung des Keimes aus den Keimblättern, ein Vorgang, welcher die Bildung der Leibesformen einleitet. Er soll hier nur für die Klasse der Wirbeltiere in seinen Grundzügen verfolgt werden. Beim Ei des Huhnes beginnt er um die zwölfte bis fünfzehnte Brütstunde. Am Anfange des dritten Brüttages ist er bereits im wesentlichen vollendet.

(Fortsetzung folgt.)

Die Löfslandschaft.

Von Adolf Schultz in Hamburg.

(Schlufs).

II. Entstehung.

Man hatte den Löfs zuerst in der oberrheinischen Tiefebene gefunden und nahm an, dafs er sich hier einst in einem grofsen Seebecken niedergeschlagen habe. Später wurde auch weiter unterhalb, beim Siebengebirge, Löfs entdeckt. Es würde also ein davon nördlich gelegener 400 m hoher Damm — so hoch hinauf war nämlich der Löfs bei Basel gefunden worden — erforderlich gewesen sein, um das Ablaufen des Sees nach dem Meere zu verhindern. Da die ehemalige Existenz eines solchen ausgeschlossen ist, war diese Theorie hinfällig. Lyell ersetzte sie in seinen 1834 erschienenen principles of geology durch eine fluviatile, wonach das Rheinthal und seine Nebenthäler (denn auch in diesen war Löfs gefunden worden) bis zu den höchsten Löfsvorkommnissen hinauf gänzlich mit Löfs angefüllt gewesen sein mufste. Es lag indefs auch für diese Theorie nicht der geringste Anhalt vor, und so machte dieselbe einer dritten, ähnlichen Platz, nach der es sich um einen Überschwemmungsschlamm handeln sollte. Sie fand so gut wie allgemeine Annahme, nachdem Al. Braun im Löfs eine weit überwiegende Landschneckenfauna (21195 gegen 33!) konstatiert hatte. Der Umstand, dafs von dieser Fauna im deutschen Rheinthal jetzt auch nicht mehr eine einzige Art vorkommt, sondern dafs sie fast ausschliefslich kälteren Klimaten angehört, fand eine Erklärung, als die Lehre von der einstigen weitreichenden Vergletscherung des nördlichen Europa aufkam. Der Löfs wurde nun zugleich als das feinste Sediment der Gletscherwasser aufgefafst.

Ein ganz neues Moment kam in die Frage durch Richthofen, welcher nach eingehendem Studium seine Beobachtungen über den chinesischen Löfs und seine Ansicht über die Identität desselben mit der europäischen Bildung im 1. Band seines Werkes über China veröffentlichte. Schon vorher war in jenen Gebieten Pumpelly und

Darwin in den gleichfalls lößerfüllten Pampas thätig gewesen. Beide hatten noch den Löfs für ein Niederschlagsprodukt von Wasser angesehen. Richthofen war ee vorbehalten, eine neue Grundlage zu schaffen. Er berichtet darüber:[6]) „Als ich zuerst in Löfsgegenden kam, fand ich dieselbe Erde im Niveau der Ebene und höher hinauf bis mehrere tausend Fufs über der See; überall erwiee eie sich mit Bestimmtheit als ein Gebilde, das erst entstand, als das ganze Land seine gegenwärtige Konsignation im weeentlichen erhalten hatte. Damit war die Theorie ihrer Ablagerung aus Süfswasserseen von vornherein auegeschlossen. Dazu kam, dafe jede Spur von Sohichtung fehlte, und dafe ee mir nie gelang, Süfswasserschnecken im Löfe zu finden. Ebensowenig war an eine Ablagerung aus dem Meere zu denken, denn dann hätte man annehmen müssen, dafe in einer erst kurz vergaugenen Zeit eine Senkung des östlichen Teile von Asien um mindestens 2400 m, und später wieder eine ebeneo grofee Hebung stattgefunden habe, für welche Vorgänge nicht der geringste Anhalt gegeben ist. Aufserdem würde man Meerestiere wenigstens hier und da finden müesen, und unerklärlich wäre es, wie ausschliefslich Reste von Landsäugetieren und Landschnecken darin vorkommen könnten."

Aber auch von der Erklärung des Löfe als Gletscherschlammes konnte schon deshalb keine Rede sein, weil in China Spuren ehemaliger Gletscherbedeckung nirgende vorhanden sind. So kam Richthofen schon gleich auf eeiner ereten Reise zu der Überzeugung, dafe der Löfs, wie er sich ursprünglich im Anschlufs an den englischen Sprachgebrauch ausdrückte, auf „subaerischem Wege" entstanden sei.

Richthofen nimmt dafür drei Agentien in Anspruch; in erster Linie den Wind, dessen aufeerordentliohe Mitwirkung an der Anhäufung staubförmig verteilten, festen Materials man in China fortdauernd zu beobachten Gelegenheit hat, ferner die mineralischen Bestandteile, welche durch die Graswurzeln vermöge der Diffusion der Flüssigkeiten aue der Tiefe heraufgezogen, aufgenommen und bei der Verwesung übrig gelassen werden, und endlich das Regenwasser, das von den höheren nach den niederen Teilen herabrieselt und die bei der Gesteinszersetzung lose werdenden festen Bestandteile abspült und Schluchten bildet.

Dem Winde wies er also eine grundlegende Rolle an, so dafs Clarence King anstatt dee Ausdrucks „subaerisch" den Ausdruck „äolisch" vorschlagen konnte, welcher von Richthofen in dem 1882 erschienenen 2. Bande des Werkes „China" auch angenommen wurde.

[6]) Band I, S. 75 ff.

Seine intensivste Wirksamkeit entwickelt der Wind in den Steppen und Wüsten. Vorzüglich, weil er diese kennen lernen wollte, begab sich Richthofen dorthin. Als er das abflufslose Gebiet betreten hatte, fand er noch mehr als er erwartet hatte: er bemerkte die gleiche muldenförmige Gestaltung des Bodens wie im Löfsgebiet; er beobachtete auch, wie Regengüsse von den die Beckenränder bildenden Felsgerüsten Bruchstücke, ohne die Kanten abzurollen, allmählich nach dem Innern des Beckens zu spülten oder schoben. Am meisten kam jedoch die Erhöhung des Bodens durch den Staub in Betracht. In diesen abflufslosen Gebieten bleibt der gröfste Teil desselben, durch die Vegetation festgehalten, an Ort und Stelle liegen und läfst die Steppe nach oben zu wachsen. Eine Pflanzendecke ist allerdings dazu erforderlich, denn ohne sie würde der Sturm die Ablagerungen immer weiter fegen. Hierfür bieten auch in typischen Löfsländern die Wege ein Beispiel; lockern nämlich die Räder der Wagen oder die Hufe der Lasttiere den Boden, so führt der Wind den Staub hinweg, und es bilden sich Hohlwege, die im Laufe der Zeit über 30 m tief werden können und schliefslich verlassen werden müssen.[7] Es ist daher natürlich, dafs auch im Löfslande selbst der Löfs noch fortdauernd wächst, wenigstens an geschützteren Stellen. Er hat darum auch Bedeutung für historische Untersuchungen.

Woher nehmen nun diese Ablagerungsmassen ihren Ursprung? Hier war eine Lücke in Richthofens Theorie, die Pumpelly in einem Aufsatze (American Journal of Science and Arts, vol. XII) 1879 ausfüllte. Pumpelly lenkt die Aufmerksamkeit darauf, dafs die Zersetzungsprodukte der Gesteine dort an Ort und Stelle verbleiben, wo sie durch üppige Vegetation vor Erosion geschützt sind, und dafs trotzdem die Zersetzung stellenweise in grofse Tiefen eindringt. Ein von diesen Zersetzungsprodukten befreites Gebirge mufs eine aufserordentlich unregelmäfsige Gestalt haben, entsprechend der verschiedenen Zersetzbarkeit der einzelnen Gesteine, aus denen es zusammengesetzt ist; es mufs Formen haben, die namentlich durch ihre Zerrissenheit von den durch Erosion geschaffenen abweichen.

Solche Felsmassen fand Pumpelly in der Mongolei. Der Wind hatte sie offenbar der Verwitterungsdecke beraubt; er trug das gröbste Material am wenigsten weit fort. Die Steinsteppe ist daselbst mit harten, durch Winderosion geglätteten und gerundeten Steinen bedeckt; es folgt die Sandwüste mit weniger grobem Material, endlich mit dem feinsten die Löfssteppe. Diese Materialien bedecken wie eine Hülle

[7]) Abbildungen bei Richthofen, I. 10.

das ehemalige, durch Thäler und Schluchten gegliederte Gebirgsland, alle Vertiefungen bis weit hinauf erfüllend, und lassen nur die höchsten Spitzen herausragen.

Das heutige Klima hat sodann der Löfssteppe Wasser zugeführt und die Schluchten geschaffen. Wir haben hier also eine Aufeinanderfolge von drei klimatischen Perioden: eine feuchte mit reicher Vegetation und unter ihrem Schutze sich bildender Verwitterungsdecke, eine trockene, welche diese Decke dem Winde preisgab und Wüsten und Steppen schuf, endlich abermals eine feuchte, während der das Regenwasser das neue Gebilde mit Schluchten versah.

Die Richthofensche Theorie fand bei den in der Löfsfrage erfahrensten Geologen volle Zustimmung. Der Amerikaner Raphael Pumpelly, welcher das nördliche China, die Mongolei und die Löfsgegenden Nordamerikas durchforscht, und Clarence King, der die letzteren gründlich studiert hat, haben sich ihr, nachdem sie vorher das Wasser für die Ablagerungsstätte gehalten hatten, angeschlossen; dasselbe that Professor Karl Peters, der die Löfsgebiete in Ungarn und der Dobrudscha eingehend dargestellt, sowie Dr. Tietze, der sich mit der Geologie Persiens beschäftigt hat; ferner hat v. Dunikowski die Theorie als für das podolische Löfsgebiet gültig anerkannt. Dafs sie für China das allein richtige trifft, wird jetzt überhaupt nicht mehr bezweifelt; besonders heftig wird dagegen Richthofens Behauptung, dafs sie sich auch auf die deutschen Vorkommnisse anwenden lasse, bestritten. Ist doch, die Richtigkeit der Richthofenschen Theorie vorausgesetzt, die Umgestaltung der einst regenarm gewesenen Länder bei uns viel weiter als in Asien vorgeschritten. Indefs mehren sich auch hier die Anhänger Richthofens; z. B. giebt Lepsius, welcher in der „Geologie von Deutschland" 1887 noch die äolische Entstehung bestritt, bereits 1893 zu, „dafs die Ergebnisse der jüngsten Aufnahme (im Rheingebiet) überwiegend für eine äolische Entstehung des Löfs sprechen", und Jentzsch, welcher 1877 in einem Aufsatz „über Baron von Richthofens Löfstheorie" entschieden widersprach, spricht sich 1884 in den „Beiträgen zum Ausbau der Glacialhypothese in ihrer Anwendung auf Norddeutschland" dahin aus, dafs „von allen bisher aufgestellten Löfstheorien einzig diejenige Richthofens genügt, um die Verhältnisse zu erklären."

Für äolische Entstehung spricht der gänzliche Mangel an Schichtung, welcher ja bei Niederschlag in Flüssen und Gletschergewässern unmöglich wäre. Wenn andererseits äolische Bildungen, z. B. Dünen, Schichtung zeigen, so ist diese durch aufgewehtes Salz entstanden.

Das Vorwiegen von Landconchylien läfst sich nur durch Richthofens Theorie befriedigend erklären, während Sandbergers Untersuchung des Schlammes einer Mainhochflut, bei der sich eine überwiegende Landfauna ergab, durch Jentzsche Probe von Überschwemmungsprodukten der Weichsel in ihrem Werte sehr beeinträchtigt wird. Ferner werden Quartärschotter, die doch wenigstens zum Teil von denselben Flüssen wie der Löfs abgelagert sein müfsten, weit unter dem Löfs gefunden (z. B. Quartärschotter bei Passau höchstens 20 m über dem jetzigen Donauniveau, der Löfs dagegen bis 150 m hoch).

Für Richthofen spricht überhaupt die grofse Ähnlichkeit zwischen chinesischem und deutschem Löfs: dieselbe gelbe Farbe, die mit kohlensaurem Kalk ausgekleideten Röhrchen, die gleiche senkrechte Zerklüftung, dasselbe leichte Zerfallen im Wasser, dieselbe mangelhafte Schichtung. Der Löfs überzieht hier wie dort grofse Becken bis hoch an den Flanken hinauf, lehnt sich an die Gebirgsgehänge, hat die Neigung zu Terrassenabfällen und ist von schmalen und tiefen Rinnen durchfurcht. Allerdings giebt der deutsche Löfs wegen seiner in allen Dimensionen geringeren Rolle der Landschaft kein so charakteristisches Gepräge; immerhin ist seine ökonomische Bedeutung sehr erheblich. So fand Foetterle schon 1854, dafs im südlichen Mähren die Güte und Ertragsfähigkeit des Bodens vom Vorkommen und der Verbreitung des Löfs abhänge. Gümbel sagt, dafs die Kulturfähigkeit der südbayrischen Hochebene im geraden Verhältnis zur Mächtigkeit der Löfsablagerungen stehe, und Bayerns Kornkammern nur dem Löfs ihren unerschöpflichen Bodenreichtum verdanken. Und von Hauer sagt mit Bezug auf Österreich-Ungarn: „Wo immer der Löfs auftritt, liefert er vortrefflichen, fruchtbaren Boden, so dafs man in vielen Gebieten unmittelbar nach der Verbreitung des Ackerbaues auch auf das Vorhandensein oder Fehlen des Löfs mit Sicherheit schliefsen kann.“ Bekannt ist die Fruchtbarkeit der nord- und mitteldeutschen Löfslande.

Aber es giebt noch bessere Stützen für die Richthofensche Behauptung. Auf eine solche machte, ohne es zu wollen, der Zoologe Nehring aufmerksam, welcher zuerst keine Neigung zeigte, für Richthofens Theorie einzutreten, allmählich aber sich immer mehr derselben zuwandte. Er fand nämlich in dem Löfs von Thiede und Westeregeln am Rande des norddeutschen Flachlandes eine Fauna, z. B. Springmäuse, die entschieden darauf hindeutete, dafs hier ehemals eine Steppe gewesen sei; später, in der Abhandlung „über Tundren und Steppen“ schlofs er dann, besonders aus dem Vorkommen von

Lemmingsresten, weiter, dafs einst in dem fraglichen Gebiete Tundren geherrscht haben müfsten, und zwar vor der Steppenperiode.

Meteorologisch liefse sich dieses Tundrenklima durch die weite Ausdehnung des Eises erklären, das Steppenklima etwa durch die Ausdehnung des festen Landes bis zur 100-Fadenlinie, die ja bekanntlich auch die britischen Inseln in sich schliefst.

Endlich haben die neueren, genaueren geologischen Forschungen immer mehr die Richtigkeit der Richthofenschen Löfstheorie dargethan. Solche nahm zuerst Sauer[8]) mit sächsischem Löfs vor. Weil man wirklich typischen, auf ursprünglicher Lagerstätte verbliebenen Löfs bei äolischer Entstehung nur auf Plateaus mit Sicherheit erwarten kann, nicht aber an den Gehängen oder gar im Thal, so hat Sauer sich auf den Plateaulöfs beschränkt. Er fand Quarz in dessen Zusammensetzung vorherrschend und beobachtete eine keineswegs plateauartige, sondern vielmehr häufig flachwellige Beschaffenheit der Löfsbochfläche. Dafs diese Bodenform auf dieselbe Ursache wie in China zurückzuführen ist, nämlich auf die Ausfüllung von Hohlräumen, ergab sich daraus, dafs sich ein Wechsel in der Mächtigkeit des Löfs je nach den Unebenheiten des Untergrundes nachweisen liefs, indem man zuweilen plötzlich flache, von einer dünnen Löfsschicht überzogene Diluvialkiesbuckel trifft, während nur wenige 100 m davon der Löfs 8—10 m mächtig ist. Es stellte sich sodann als Thatsache heraus, dafs die Beimengung grober Bestandteile immer nur auf örtlicher Einschwemmung beruhte; der Schutt nahm offenbar seinen Ursprung von den schuttbedeckten Berglehnen, an die der Löfs sich anlegt. Chelius und Vogel fanden, zum Teil mit Hilfe von Tiefbohrungen im Löfsgebiet des nördlichen Odenwaldes, geradezu einen Wechsel zwischen eigentlichen und unstreitig fluviatilen, mit fremden Zuthaten vermischten Löfsbildungen, welch letztere aber einen durchaus lokalen Charakter hatten und sich in ihrer geologischen Zusammensetzung genau nach den Flufsgebieten der Jetztzeit unterschieden. Im Elsafs fand Schumacher, dafs der „Plateaulöfs“ ausschliefslich Landschneckenfauna enthält.

Von noch gröfserem Werte waren die Angaben Sauers über die dem typischen Löfs anliegenden Gebiete. Wenn man nämlich in Sachsen aus dem normalen Löfsgebiet nach Süden zu, also ins Gebirge ansteigt, so beobachtet man, wie überall der Löfs allmählich seine typische Beschaffenheit, insbesondere seinen Kalkgehalt verliert; endlich findet man die flachen Höhen mit weifslich-grünen „löfsartigen

[8]) Ztschr. f. Naturw. 1889.

Lehmen“ überzogen, die zwar, wie direkte Beobachtung lehrt, mit den typischen Löfsablagerungen kontinuierlich zusammenhängen, sich indes in ihrem Habitus immer mehr vom normalen Löfs dadurch entfernen, dafs die Korngröfse abnimmt. Obwohl dieser Löfslehm sich so aufs schärfste von den Verwitterungslehmen des Gebirges unterschied und dadurch seine Selbständigkeit letzteren gegenüber dokumentierte, unterzog sich Sauer doch der Mühe, die Abstammung derselben vom glazialen Diluvium auch petrographisch nachzuweisen. Er erhielt bei Saigerung des Löfslehms in der That ganz dieselbe buntfarbige Kombination von Mineralkörnern, während gerade die für den Verwitterungslehm charakteristischen höchst spärlich auftraten.

Wenn man sich dagegen aus dem typischen Löfsgebiet landabwärts bewegt, beobachtet man Veränderungen in der Beschaffenheit des Löfs im entgegengesetzten Sinne: die Korngröfse nimmt mehr und mehr zu. Der im normalen Löfs nur versteckt entwickelte, feinsandige Charakter wird immer deutlicher; man mufs ihn bereits als „Löfssand“ bezeichnen, der schliefslich in reinen Sand übergeht. Löfslehm, typischer Löfs und Löfssand stellen so, von Süd nach Nord aufeinander folgend, eine untrennbare, einheitliche Formation dar.

Diese gesetzmäfsige Anordnung mufs der Ausdruck eines bestimmten Saigerungsprozesses sein, welcher sich mit Hilfe der äolischen Theorie vortrefflich erklären läfst, ja er ist geradezu notwendig. Die durch den Wind aufgearbeiteten, unter Mitwirkung des Frostes gelockerten Bestandteile der nordisch-glazialen Geschiebelehmoberfläche wurden nach Mafsgabe ihrer Korngröfse so abgelagert, dafs die gröberen und gröbsten am Bergrand zurückblieben, während der feinste Staub ins Gebirge hinauf geführt wurde.

Ein derartiger Wind läfst sich aber sehr leicht erklären. Es mufsten sich nämlich über der Eismasse feststehende barometrische Maxima ausbilden, die einen „Eiswind“, etwa analog dem heutigen „Seewind“, erzeugten. Letzterer vermag nur Dünen zu liefern, da die See den feinen Schlamm für sich behält; der Eiswind fand dagegen feinen Gletscherschlamm durch oberflächliche Saigerung der freigelegten Grundmoräne. Einen solchen Wind hat Carstenson in Grönland in unmittelbarer Nähe des Binnen-Eises beobachtet; er war dort so scharf ausgeprägt, dafs an einem Hügel, wo er den Boden traf, nur kümmerliche Vegetation herrschte, während an der entgegengesetzten Seite üppiges Wachstum vorhanden war.

Auch für die übrigen Randgebiete des norddeutschen Flachlandes dürfte Sauers in Sachsen gemachte Beobachtung zutreffen. Berichtet

doch Wahnschaffe, dafs er typischen Bördelöfs nach dem Harze zu mehr und mehr in einen löfsartigen Lehm habe übergehen sehen. Im nördlichen Odenwalde findet man (nach Chelius und Vogel) einen analogen Fall, indem sich dort nördlich an das typische Löfsgebiet eine Zone anschliefst, „deren Material man für Löfs hält“, wenn man von Norden oder Nordwest kommt, „für Sand, wenn man vom Löfsgebiet aus sie betritt“. Entfernt man sich noch weiter vom Löfs, so gelangt man in ein Flugsandgebiet.

Die Marschen sind nichts anderes als eine Art Löfsbildung im Meere. Daher erklärt sich auch ihre grofse Fruchtbarkeit. Auch sie lassen sich als die feinsten Massen auffassen, denen der Sandboden, der sogenannte Geest vorgelagert ist, und diesem folgt der Geschiebemergel Schleswig-Holsteins.

Die häufig, namentlich beim Löfslehm, beobachtete Entkalkung der Oberfläche ist offenbar eine Folge der atmosphärischen Niederschläge; hat doch der Löfslehm eine höhere Lage, so dafs er reichlichere Niederschläge empfängt.

Noch weit auffälliger und verbreiteter ist der Fall, dafs sich im Löfs ein grofser Teil verrotteter, vegetabilischer Substanz erhalten hat, dass er also Steppenhumus und schwarz gefärbt ist. In Rufsland wird er, wie schon bemerkt, „Czernosem“, d. i. Schwarzerde, genannt und besitzt dort einen Humusgehalt bis zu 18 pCt., während er in der Magdeburger Börde zwischen den vergleichsmäfsig aufserordentlich geringen Prozentsätzen von 1,5—2,8 schwankt. Die Mengung des Bodens mit dieser Humussubstanz ist so innig, dafs man selbst bei Anwendung des Mikroskops keine Pflanzenreste mehr erkennen kann.

Wie alt ist der Löfs in Deutschland? Wahnschaffe bemerkt hiezu für den norddeutschen Löfs mit vollem Recht: „alle Angaben stimmen darin überein, dafs er stets die oberste Deckschicht des Diluviums bildet“; es setzen ihn daher die meisten norddeutschen Geologen an das Ende der zweiten Glazialzeit. Penk dagegen vertritt die Ansicht dafs er zwischen die erste und zweite der beiden von den Geologen angenommenen Vereisungen zu setzen sei.

Nicht zweifelhaft kann es sein, dafs die Bildung von Löfs und der ihm ähnlichen Gebilde auch jetzt noch vor sich geht. Für Asien ist eine bis zur Jetztzeit anhaltende Löfsbildung bereits als erwiesen anzusehen, und das Gleiche gilt nach Richthofen für das Gebiet im Osten des Felsengebirges. Doch auch in Deutschland finden sich Analogien zu den chinesischen Löfsstürmen. Die Löfsgebiete sind hier die staubigsten Landschaften, wo gelegentlich Stürme herrschen,

die den Wanderer in wenigen Minuten völlig einstäuben. In dieser Beziehung liegen exakte Beobachtungen von Sauer und Th. Siegert in einem in der Zeitschr. d. geolog. Gesellschaft veröffentlichten Briefe über den im Winter 1887/88 in der sächsischen Lößgegend gefallenen Staub vor.

Ein hohes Alter hat Roth für einen Teil der Pampasformation erwiesen. Es findet sich nämlich Pampaslöfs in der zwischen Paraná und Uruguay gelegenen Provinz Entre-Rios unter einer nach übereinstimmendem Urteil in die Tertiärzeit zu setzenden Ablagerung.

III. Geographische Verbreitung.

In Mitteleuropa lassen sich, den beiden Eiszeiten entsprechend, zwei Löfszonen unterscheiden. Die nördlichere, der zweiten Vereisung entsprechende, erstreckt sich von den Rheinmündungen bis zum Oberlauf der Weichsel. Genauere Kenntnis besitzen wir von den Harzrändern, von der Gegend um Halle und Magdeburg und vom Königreich Sachsen. Am Südrande des Harzes liegt die berühmte, fruchtbare Landschaft der goldenen Aue, am Nordrande befinden sich die Löfsaufschlüsse von Thiede und Westeregeln, die sich schon der Magdeburger Börde, dieser durch ihre hervorragende Fruchtbarkeit, den bedeutenden Zuckerrübenbau und an reichen Dörfern so bekannten Gegend nähern. Im sächsischen Gebiet ist der Löfs der Lommatzscher Pflege zu erwähnen; daneben findet er sich hauptsächlich an der Elbe und anderen sächsischen Thälern und setzt sich von da ab nach Niederschlesien fort. Auch der schwarze Boden in Cujavien, in der Gegend von Bromberg, Thorn, Inowrazlaw wird für Löfs gehalten. Die eigentliche Fortsetzung des sächsischen Löfs erfolgt am Fufs des Sudetenzuges. Von Bedeutung ist der Löfs in den Karpathen und besonders nördlich derselben, in Galizien, der Bukowina und den angrenzenden Distrikten Rufslands (Podolien und Wolynien). Im Österreichischen bildet die von Lemberg nach dem Grenzorte Brody führende Carl-Ludwigsbahn im allgemeinen die durch einen Steilrand schroff dargestellte Nordgrenze.

Eine Art Verbindung zwischen nördlicher und südlicher Zone stellt das Rheinthal dar. Der Löfs ist hier von Basel bis zum Taunus so entwickelt, dafs er sehr wohl die Aufmerksamkeit frühzeitig auf sich lenken konnte. Aufserhalb der Alluvialebene bedeckt er das gesamte niedere Land und zieht an den Seiten die Höhen hinauf.

Am Unterrhein fand man ihn im Siebengebirge sowie am gegenüberliegenden linken Rheinufer, in der Eifel bis nach Mittelbelgien

hinein. An den gröfseren Nebenflüssen des Rheins vermochte man ihn gleichfalls zu verfolgen, so links an der Nahe, Mosel, Maas, rechts am Neckar und Main. Überall breitet er sich über die niederen Teile der Gebirge (Taunus, Spessart, Vogelsgebirge) bis zu ansehnlicher Höhe aus und zieht über die Wasserscheiden in andere Stromsysteme hinüber, vom Mainthal insbesondere nach den Gebieten der Werra, Fulda und Weser, einen Teil des hessischen Hügellandes bedeckend.

Die zweite westliche Löfszone beginnt im Rhone- und Saône-Gebiet. In Frankreich kommt er aufserdem im Flufsgebiet der Somme, Seine und Garonne vor. Der Löfs der Garonne steht vielleicht mit einer Gletscherbedeckung der Pyrenäen in Zusammenhang. Dem Saône-löfs schliefst sich derjenige des Rheins bei Basel, welcher von hier sich stromaufwärts in den Kanton St. Gallen zieht, sowie derjenige des Aarthals an. Auch im südlichen Jura ist Löfs gefunden worden.

Im Donaugebiet ist er in Niederbaiern stark entwickelt, findet sich aber auch schon im obern Innthal bei Innsbruck, wo er Spuren des eiszeitlichen Menschen enthält. In Ober-Österreich, nördlich von der Donau und in den angrenzenden Thälern des südlichen Böhmens ist der Löfs das herrschende Oberflächengebilde, ebenso in Unter-Österreich und im südlichen und nordwestlichen Mähren. Auch im nordwestlichen Ungarn ist er sehr allgemein. In Siebenbürgen findet er sich besonders in der Gegend von Hermannstadt und im mittleren Bergland. Im Banat, Slavonien, Kroatien scheint er nur in den der ungarischen Ebene zugewandten Gegenden vorzukommen. Von der serbisch-bulgarischen Grenze an bildet der Löfs bis über Rustschuck hinaus fast überall das steile rechte Donauufer, eine Höhe von 200 m erreichend. In der Dobrudscha liegt er im Gebirge und bildet an der Küste einen Steilrand von derart bedeutender Mächtigkeit, dafs man an eine ehemalige Fortsetzung nach Osten und Abrasion durch die Meereswogen glauben mufs. Der Balkan scheint die südliche Grenze des Löfsvorkommens zu sein. Was das Verhältnis dieser südlichen Zone zu den Alpen betrifft, so ist zu bemerken, dafs sie deren Nordfufs von der Schweiz bis nach Wien folgt, sich dann südlich wendet und am Ostrande der Alpen wahrscheinlich bis nach Karlstadt in Kroatien verläuft, von wo ihre Südgrenze südlich von Sau und Donau nach Osten zieht. Dem eigentlichen Alpengebiet fehlt der Löfs, wenn er auch von Norden und Osten aus in einige Thäler eindringt.

Die Verbreitung des Löfs in Kleinasien läfst sich zur Zeit noch nicht im einzelnen angeben, doch ist er dort sicher vorhanden. In Nordpersien findet er sich z. B. bei Täbris und bei Teheran, merkwürdiger

Weise auch im Norden des Elburs-Gebirges, ebenso im gebirgigen Teil Afghanistans; in Turkestan ist er weit verbreitet. Im Thianschan soll er sich bis zu 1800 m Seehöhe erheben und bis 500 m mächtig sein. Die Oasen im südlichen und die ehemaligen im nördlichen Tarimbecken sind als Löfsgebiete aufzufassen, desgleichen ein grofser Teil derjenigen Gebiete Tibets, die ihre Flüsse nach dem Meere entsenden. Der Raum, den das vielgenannte Löfsgebiet des nördlichen China fast kontinuierlich einnimmt, dürfte der Ausdehnung von Deutschland gleichkommen, das Areal der ganzen Löfsverbreitung im eigentlichen China mindestens das anderthalbfache betragen. Der Löfs nimmt ferner grofse Strecken der östlichen Ebene und die Thäler des westlichen Schantung ein, nach dem Gebirgslande im Westen zu weit bedeutender und typischer werdend. Überschreitet man aber den Gebirgsrand, so kommt man in eine Landschaft mit grofser und typischer Löfsentwickelung, die ihrerseits wieder nach Norden und Westen in ganz allmählicher Abstufung zur abflufslosen Steppe der Mongolei wird, wie dies im zweiten Abschnitte geschildert wurde. Desto schärfer ist sie im Süden durch das Tsinlig-Gebirge und den Funiuschan abgegrenzt.

In Afrika ist in der Kalahari und im Oranje-Freistaat Löfsboden vorhanden. Auch die Steppen Nordostafrikas (Sennaar, Kordofan) sind Löfsbildungen.

In Nordamerika besitzt der Löfs eine aufserordentlich grofse Verbreitung. Allerdings ist die Erosionsarbeit hier noch weit hinter der chinesischen zurück. Das meiste ist noch mit Gras bedecktes Prärienland. Es begreift dieses Löfsland den östlichen Teil des Gebietes zwischen dem Felsengebirge und dem Mississippi (etwa bis 100° östl. L.) in sich. In Südamerika ist fast die ganze argentinische Republik ein zusammenhängendes Löfsgebiet, das sich im Osten nach Paraguay, Brasilien und Uruguay, im Norden nach Bolivia erstreckt. Auch in Neuseeland ist Löfs entdeckt worden.

Löfsgebiete haben sich also fast nur in der gemäfsigten Zone, meist im Anschlufs an Wüsten, gefunden. Es darf, wenn sich auch ohne Zweifel noch viele Löfsvorkommen unserer gegenwärtigen Kenntnis entziehen, doch mit Sicherheit ausgesprochen werden, dafs nur wenig Löfs in den beiden anderen Zonen vorhanden sein wird.

Adalbert Krueger †.

Am 21. April starb in Kiel der Direktor der dortigen Königlichen Sternwarte und Professor an der Universität Geh. Regierungsrat Dr. Adalbert Krueger. Mit ihm ist ein Mann aus dem Leben geschieden, der sich nicht blofs durch sein ausgezeichnetes Lehrtalent, seine von reichstem Erfolge gekrönte Forscherthätigkeit, sondern auch durch die Hingabe und Umsicht, mit welcher er das wichtigste Organ der deutschen Astronomie, die „Astronomischen Nachrichten“, jahrelang leitete, einen bleibenden Namen in der astronomischen Welt gesichert hat.

Adalbert ward am 3. Dezember 1832 als Sohn des Amtsrats Carl Eduard Krueger in Marienburg in Westpreufsen geboren, empfing seine vorbereitende Bildung auf den Gymnasien zu Elbing und Wittenberg und bezog 1851 die Universität Berlin, um sich astronomischen Studien zu widmen. Schon ein Jahr später hatte er das besondere Glück, zur praktischen Ausübung seines Berufes übergehen zu können. Als zweiter Gehülfe an die Bonner Sternwarte berufen, wo damals Argelander auf der Höhe seines Schaffens stand, war es Krueger vergönnt, in Gemeinschaft mit dem edlen Meister und mit seinem Studiengenossen Eduard Schönfeld, dem späteren Nachfolger Argelanders, erfolgreich in die Ausführung des Riesenwerkes einzugreifen, welches die damals noch fehlende Darstellung des ganzen Sternenreichtums der nördlichen Himmelssphäre bis zu den Sternen der neunten Gröfse hinab bezweckte. Das Ergebnis dieser grofsartigen Arbeit, die die Orts- und Helligkeitsbestimmungen von gegen 300000 Sternen umfafst, ist bekanntlich das unter dem Namen „Bonner-Durchmusterung“ erschienene Sternkartenverzeichnis, welches eine neue Ära auf dem Gebiete der Fixsternkunde einleitete. War auch der Gedanke des grofsen Planes dem Meister zuzuschreiben, so hat doch Krueger gleich wie sein Kollege Schönfeld durch den unermüd-

lichen Eifer und die selbstlose Hingabe viel zur Bewältigung der Arbeit und endlichen Erreichung des Zieles beigetragen. Daneben fand der junge Astronom noch Zeit zur Ausführung anderer Beobachtungen und Rechnungen, welche vornehmlich die kleinen Planeten und interessanten Kometenerscheinungen jener Jahre betrafen, sich aber auch auf die veränderlichen Sterne und Parallaxenbestimmungen sowie die sorgfältige Vermessung des grofsen Sternhaufens im Perseus ausdehnten.



Adalbert Krueger.

Als Schönfeld im Jahre 1859 die Leitung der Mannheimer Sternwarte übernahm, rückte Krueger in die erste Assistentenstelle der Bonner Sternwarte ein und habilitierte sich 1860 als Dozent an der dortigen Universität. Doch bereits zwei Jahre später folgte er, der inzwischen Schwiegersohn Argelanders geworden war, einem Ruf als Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte nach Helsingfors, welche Stellung er vierzehn Jahre hindurch bekleidete. Seine Lehrthätigkeit erreichte daselbst einen bedeutenden Umfang, da er neben den astronomischen Vorlesungen auch teil-

weise noch den mathematischen Unterricht übernahm, und beschränkte anfangs umfassendere Beobachtungsarbeiten; doch war Krueger als die astronomische Gesellschaft auf Argelanders Vorschlag den Plan der allgemeinen exakten Ortsbestimmung für die Sterne bis zur neunten Gröfse auszuführen in die Hand nahm, einer der ersten, die sich für dieses grofse Unternehmen erwärmten und zur Teilnahme meldeten. Die Frucht seiner Arbeiten ist der Katalog von 14630 in den Jahren 1869—1880 beobachteten Sternen der Zone 55° bis 65°, welcher 1890 in die Hände der Astronomen gelangte, und dem schon 1883 und 1885 ausführliche Mitteilungen in den Bänden der Gesellschaft vorausgegangen waren.

Im Jahre 1876 kehrte Krueger wieder in die Heimat zurück; er übernahm die durch den Tod Hansens erledigte Direktion der Gothaer Sternwarte und konnte daselbst während seines vierjährigen Aufenthaltes die Zonenbeobachtungen an dem von Helsingfors mitgeführten Instrument zu Ende führen.

Als mit dem Tod von C. A. F. Peters die Redaktion der durch Schumacher begründeten „Astronomischen Nachrichten“ in andere Hände übergehen mufste, galt es einen Mann zu finden, welcher mit Umsicht und Geschick, mit unparteiischem Urteil und energischer Arbeitskraft dieses wichtige astronomische Organ weiter zu leiten vermochte. Dieser Mann ward in Krueger gefunden. Im Jahre 1880 übernahm er zugleich mit der Direktion der Kieler Sternwarte das Amt des Herausgebers der Nachrichten unter Mitwirkung des Vorstandes der astronomischen Gesellschaft mit dem 100. Bande. 40 Bände sind seitdem unter seiner Leitung erschienen, bis der Tod ihn aus seiner reichen Thätigkeit entrifs. Unter den Astronomen aber wird sein Andenken ebenso wie sein unmittelbares Schaffen noch reiche Früchte tragen.

Schw.

Die Lick Sternwarte beabsichtigt im August dieses Jahres eine Expedition unter Leitung von Professor Schaeberle zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis nach Japan zu entsenden. Zur Bestreitung der notwendigen Ausgaben hat Oberst C. F. Crocker, einer der Kuratoren der Universität von Californien und Mitglied des ständigen Komitees der Lick-Sternwarte, ein angemessenes Kapital ausgesetzt.

Das bereits aufgestellte Programm trägt einen völlig photographischen Charakter. Professor Schaeberle wird grofse Serien-

aufnahmen der Korona mit einer Linse von 40 Fufs Brennweite, welche Bilder der Sonne von über $4^4/_{10}$ Zoll im Durchmesser auf Platten von 18 : 20 Zoll giebt, nach dem gleichen Verfahren machen, welches er mit so vielem Erfolg bei der Finsternis in Chile im April 1893 zur Anwendung brachte.

Alle Schwierigkeiten, die bisher bei der Montierung so grofser Linsen zu überwinden waren, sind dadurch vermieden worden, dafs die Linse selbst fest aufgestellt, der Halter der empfindlichen Platten dagegen beweglich gemacht wird. Die feste Stellung der Linse ist so gewählt, dafs sie die Beobachtung der Sonne während des ganzen Verlaufes der Totalität gestattet. Eine grofse Segeltuchröhre von 40 Fufs Länge ist über ein Gestell von Gasrohr gespannt, an dessen äufserstem Ende eine geneigte Führung den Halter für die Negativplatten (18 : 20) trägt; ein Uhrwerk treibt das Gestell mit entsprechender Geschwindigkeit. Der Beobachter sitzt gleichsam in seinem Instrument und macht die Aufnahmen gemäfs dem vorher festgesetzten Programm. Um die feineren Details nahe am Sonnenrande zu erlangen, sollen einige Platten nur ganz kurz belichtet, andere jedoch länger exponiert werden; diese letzteren Platten werden dann die Details mehr nach der äufseren Grenze der Korona hin zeigen, dafür aber die des Sonnenrandes einbüfsen, weil diese Regionen naturgemäfs überexponiert sein müssen. Das Studium der auf diese Weise erlangten Platten wird ein vollständiges Bild der Korona ergeben, während keine Einzelplatte ein solches darbietet.

Mr. Charles Burckhalter, Direktor des Chabot Observatoriums in Oakland, erdachte vor einiger Zeit ein Verfahren zur genauen Feststellung der Belichtungsdauer der einzelnen Teile jeder Platte bei Finsternisaufnahmen. Er wird die Lick Sternwarten-Expedition nach Japan begleiten und seine Theorie zum ersten Male versuchsweise praktisch anwenden, indem er ein Fernrohr von 4 Zoll Öffnung und 15 Fufs Brennweite benutzt, das speziell für diese Finsternis auf Kosten des Mr. W. M. Pierson in San Francisco angefertigt wurde (es zeigt beispielsweise das Bild des Mondes im Durchmesser von $1^7/_{10}$ Zoll). Das Fernrohr ist äquatorial montiert und folgt in seiner Bewegung dem scheinbaren Sonnenlauf. Das Bild der verfinsterten Sonne soll auf die Negativplatte fallen, vor der eine schnell rotierende Blende angebracht ist. Die Platte hat eine Öffnung in ihrer Mitte, durch welche eine mittelst Uhrwerk getriebene Achse hindurchgeht. Am Ende der Achse und dicht vor der Platte ist ein rotierender Fächer oder eine Blende befestigt. Diese Blende hat die Gestalt eines

Doppelflügels, dessen beide Teile sich diametral gegenüberstehen, sodafs sie vollkommen im Gleichgewicht sind; ihre Rotationsgeschwindigkeit beträgt über fünf Umdrehungen in der Sekunde.

Einer der Doppelflügel ist derartig geformt, dafs, wenn die Korona am Mondrande aufgenommen werden soll, die Expositionsdauer sein wird:

bei	26′	vom Rande	4 Sekunden
„	46′	„ „	9 „
„	66′	„ „	14 „
„	86′	„ „	20 „
„	108′	„ „	24 „

Verschiedene anders geformte Flügel werden aufserdem in Bereitschaft gehalten, und jeder derselben wird von einer Uhr in einem besonderen Plattenhalter in Bewegung gesetzt. Beim Anheben des Plattenhalters fängt die Uhr automatisch zu gehen an und läuft volle 15 Minuten hintereinander. Fünf bis sechs solcher Platten sollen während der Totalität belichtet werden. An der äufseren Grenze der Korona, wo das Licht am schwächsten ist, wird jede Platte bedeutend länger exponiert werden als an der inneren Grenze, wo die Lichtintensität am gröfsten ist. Man darf die Hoffnung hegen, in dieser Weise die Photographie der Korona auf einer einzigen Platte so zu erlangen, dafs deren einzelne Teile die ihnen zukommende Belichtung empfangen haben, und diese werden dann alle Details der Korona darstellen, ohne dafs es nötig ist, die Photographie der letzteren aus einer ganzen Serie von Aufnahmen zu konstruieren, von denen die eine in einer gewissen Region über —, die andere unterexponiert ist, und erst eine dritte die ihr zukommende Belichtung empfangen hat. Mr. Burckhalters ingeniöser Plan ist wohl eines Versuches wert; bisher hatten sich seiner Ausführung verschiedene Schwierigkeiten mechanischer Art entgegengestellt, doch hofft man jetzt ihrer Herr geworden zu sein.

Aufser der erwähnten grofsen Linse wird Professor Schaeberle noch einen fünfzölligen photographischen Refraktor (von Miss Floyd dem Lick-Observatorium geschenkt) und eine von Mr. Pierson entliehene Dallmeyersche Porträtlinse von 6 Zoll Öffnung mitnehmen.

Das erstere Instrument soll zur Aufnahme kleiner Serienphotographien (auf 5 : 7 Platten) von der Korona, den benachbarten Sternen und möglicherweise auftretenden Kometen benutzt werden. Wenigstens zwei dieser Platten sollen, bevor sie der Belichtung durch die Korona ausgesetzt werden, ein mittelst einer Normallampe aufphotographiertes

Lichtnetz von 1, 2, 4, 6, 8, 16^s Expositionezeit erhalten. Nach der Entwickelung erscheinen die Karos dieser Normallampenbelichtung gleichzeitig mit dem Bilde der Korona auf der Platte und ermöglichen so eine photometrische Messung der Helligkeit der letzteren im Vergleich zu der Helligkeit der Normallampe. Dieses Verfahren (zuerst vom Havard College Observatory ausgeführt) ist von allen bisher durch die Lick Sternwarte zur Beobachtung von Sonnenfinsterniseen ausgesandten Expeditionen angewandt worden, und zwar im Januar 1889, im Dezember 1889 und im April 1893.

Die Dallmeyersche Porträtlinse soll dazu dienen, die Korona in ihrer ganzen Ausdehnung aufzunehmen und möglichst viele Sterne, vielleicht gar einen neuen Planeten auf der Platte zu fixieren.

Die Damen, Mssrs. G. E. Shuey und Louis C. Masten werden die Expedition als freiwillige Assistenten begleiten und an den kleineren Instrumenten beobachten. Professor H. Terao in Tokio hat sich erboten, einee der Mitglieder eeines Obeervatoriums an der Sonnen-Expedition der Lick Sternwarte teilnehmen zu lassen.

Der Staatssekretär, der Minister der Vereinigten Staaten und der Generalkonsul in Jspan wollen dem Unternehmen in jeder nur möglichen Weise ihre Unterstützung angedeihen lassen, und es steht zu erwarten, dafs die Expedition, sofern sie nnr vom Wetter begünstigt wird, mit ganz neuen und eigenartigen Resultaten über die Sonnenkorona zurückkehren wird. Z.

Über das Meteor von Madrid, welches am Morgen des 10. Februar den Bewohnern der spanischen Hauptstadt argen Schrecken bereitete, sind bis jetzt nähere Nachrichten nur sehr spärlich bekannt geworden. Aus den seiner Zeit durch die Zeitungen verbreiteten Mitteilungen war nur zu entnehmen, dafs zwischen der Wahrnehmung der Feuerkugel und dem ganz aussergewöhnlich heftigen Donner eine Zeit von etwa $1^1/_2$ Minuten verstrich, woraus eich mit Hilfe der bekannten Schallgeschwindigkeit berechnen liefs, dafs die Explosion bereits in einer Höhe von etwa 30 Kilometern über dem Erdboden erfolgte; dies ist die durchschnittliche Höhe, in welcher detonierende Feuerkugeln zum Stillstand gelangen, während solche Meteore, die von Steinfällen begleitet sind, meist noch etwa 10 Kilometer tiefer in die uneeren Planeten einem kugelsicheren Panzer gleich umhüllende Atmosphäre einzudringen pflegen. Nach den Berichten, die wir den Zeit-

schriften „Ciel et Terre“ und „Bulletin de la société astronomique de France“ entnehmen, sind jedoch auch bei dem Meteor von Madrid Teile der kosmischen Massen, wenn auch nur in geringer Anzahl und Gröfse, am Erdboden angelangt und an wissenschaftliche Institute abgeliefert worden. Diese Meteorsteinstücke, deren grösstes nur 50 Gramm wiegt, zeigen unter der dunklen, vom Erglühen in unserer Luft herrührenden Schmelzkruste eine hellgraue Farbe und sind von völlig schwarzen, unter einander anastomosierenden und sich teilenden Adern von mehr als zwei Millimeter Dicke durchzogen. Unter dem Mikroskop liefsen sich in Dünnschliffen auch stark magnetische Körnchen von Nickeleisen erkennen. Das Gestein, dessen spezifisches Gewicht 3,598 beträgt, wird von den Mineralogen als ein metamorphisches bezeichnet; sonach ist auch hier, wie in fast allen ähnlichen Fällen anzunehmen, dafs wir es mit Bruchstücken eines einstigen, grofsen Weltkörpers zu thun haben, der eine ähnliche Geschichte wie unsere Erde erlebt haben mag, um schliefslich durch eine uns unbekannte Katastrophe in kleinste Teile zersplittert zu werden.

Über die Bahnverhältnisse des Meteors von Madrid dürfte schwerlich etwas Sicheres zu ermitteln sein, da die Lichterscheinung am hellen Tage sich abspielte, sodafs sie nur von wenigen Personen bemerkt wurde, und die als Marken für eine genauere Angabe der scheinbaren Flugrichtung sonst sich so nützlich erweisenden Sternbilder nicht sichtbar waren. Mit der allgemein gehaltenen Angabe, dafs die Feuerkugel von Südwest nach Nordost gezogen ist, ist für eine Ermittelung der Bahnverhältnisse noch nicht das mindeste gewonnen. Dazu kommt ferner, dafs die Berichte von Augenzeugen, welche Herr Comas Sola in Barcelona aus allen Teilen Spaniens gesammelt hat, sehr widersprechend lauten und keinenfalls sämtlich auf dieselbe Erscheinung bezogen werden können. Allerdings machen viele von den Aussagen der Beobachter einen wenig glaubhaften Eindruck, und manches von den vermeintlichen, in der Nähe des Beobachters aufgefundenen Meteorsteinstückchen wird wohl in Wirklichkeit ein harmloses Kieselsteinchen sein. Immerhin aber drängt sich aus der Gesamtheit dieser Nachrichten, zumal auch die Zeitangaben stark differieren, ziemlich zwingend die Annahme auf, dafs an jenem Tage kurz nach einander mehrere helle Meteore über Spanien erschienen sind. Ob diese alle zusammen gehören, d. h. aus demselben Radiationspunkte herkamen, läfst sich zunächst garnicht beurteilen. Wie weit eine voreilige Identifizierung in solchen Fällen fehlgehen kann, zeigt aufs deutlichste die neueste Abhandlung Prof. v. Niessls

über die Meteore vom 16. Januar 1895. Hier hat nämlich eine sorgfältige Diskussion aller aus Böhmen, Mähren und Schlesien eingelaufenen Berichte aufs zweifelloseste erwiesen, dafs innerhalb dreier Minuten drei verschiedene, helle Feuerkugeln über nahezu dieselbe Gegend hinweggezogen sind, die aus völlig verschiedenen Teilen des Himmels herkamen und dennoch durch ein sehr merkwürdiges Spiel des Zufalls gerade zur selben Zeit mit einer bestimmten Stelle der Erdkugel zusammentrafen. Es ist demnach ebensowohl möglich, dafs auch über Spanien am 10. Februar cr. mehrere, nicht zusammengehörige Meteorerscheinungen stattgefunden haben mögen. F. Kbr.

Im Genusse des Lichts.

Ein flüchtiger Blick auf die Pflanzenwelt genügt, um uns die Erkenntnis zu verschaffen, dafs ihr Bedürfnis nach Licht ein höchst verschiedenes ist. Die Pflanzen der Alpenwiesen scheinen gierig jeden ihrer Unterlage zukommenden Sonnenstrahl in sich einzusaugen, der an den wertvollen Energien so reich ist, wenn er dort oben erscheint, so arm und geschwächt, wenn er auf dem Wege zum Tieflande die unteren Schichten der Atmosphäre passiert hat. Die Wiese und das Getreidefeld, die Parke, welche von der Sonne Strahlen gut durchleuchtet werden, die dichten, schattigen Wälder, das Innere der hohlen Baumstrünke, und die kaum noch vom Tageslicht erreichten Tiefen des Ozeans, sie beherbergen ganz verschiedene, ihnen eigentümliche Pflanzenarten — alles Beobachtungen, denen sich niemand entziehen kann, der auch nur leichthin die Natur durchmustert. Aber für die Wissenschaft stellt sich einmal die Aufgabe, das für die Entwickelung der einzelnen Organe des Pflanzenkörpers besonders geeignete Mafs von Licht festzustellen und andererseits den Betrag des direkten Sonnenlichtes zu berechnen, welcher der einzelnen Pflanze zuträglich ist. Nachdem Wiesner in Wien 1893 die erste Aufgabe gelöst hatte,[1]) hat er sich zuletzt dem zweiten Problem zugewendet und giebt (Sitz.-Ber. d. Wiener Ak. d. Wiss. 1895, S. 605) die Beobachtungen, welche in Wien, in Kairo und in Buitenzorg auf Java angestellt wurden, sowie die daraus folgenden Ergebnisse wieder. Die Methode ist die früher angewendete photochemische (a. a. O. S. 336). Durch dieselbe wird er in den stand gesetzt, den Betrag direkten Sonnenlichtes festzustellen, der irgend

[1]) Vergl. H. u. E. Bd. VI, S. 336 ff.

einem Erdorte zukommt, und wenn er andererseits das Mafs an strahlender Energie heobachtet, das an dem Standpunkt einer hestimmten Spezies anlangt, so hat er damit die dieser Pflanzenart zukömmliche Menge an direktem Sonnenlichte ermittelt. Das Verhältnis der zweiten Zahl zur ersten, welches W. als den spezifischen Lichtgenufs hezeichnet, ist, wie vorauszusehen war, für die verschiedenen Glieder derselhen Flora, wie auch für die einzelnen Klimate ein durchaus verschiedenes, aher innerhalh der Genauigkeitsgrenzen der Beobachtungen läfst sich doch als Gesetz feststellen, dafs jeder Spezies ein gewisses Mafs des Lichtgenusses eigentümlich ist. Man wird einwenden, dafs auch für eine und dieselhe Pflanze die Lichtmenge nicht konstant ist, da sie ja ausgedehnt sein kann, und da in den dichten Kronen unserer Waldbäume z. B. sicher den zentralen Teilen eine weit geringere Lichtmenge als den peripherischen zufliefst. Indessen zeigt sich, dafs selbst im dicksten Dickicht des Laubgeflechtes ein hestimmtes Lichtminimum herrschen mufs, ohne welches das Gedeihen der dort hefindlichen Organe des Baumes gefährdet ist. Wie verschieden dieser spezifische Lichtgenufs aher für die einzelnen Spezies ist, das geht aus ein paar in Wien gefundenen Zahlen hervor. Während Buchen, die in geschlossenen Beständen sich fanden, nur $^1/_{60}$ des direkten Sonnenlichtes, wenn sie einzeln vorkamen, gar nur $^1/_{85}$ desselben im Innern ihrer Kronen nachweisen liefsen, hraucht die Silherpappel schon $^1/_{15}$, die Birke $^1/_9$ und die Lärche gar $^1/_5$ des direkten Sonnenlichtes, wenn sie einzeln stehen. Sie hedürfen immer, wenn sie die Konkurrenz mit ihren Genossen im Walde aushalten sollen, eines höheren Lichtgenusses, als wenn sie von dieser hefreit, vereinzelt stehen. Es ist durchaus naheliegend und gewifs auch nicht leicht jemandem entgangen, dem diese exakten Zahlen nicht hekannt waren, wenn er nur seine Freunde im Walde an ihren Umrissen — auch ohne die Form der Blätter zu untersuchen — zu erkennen gewöhnt ist, dafs hiermit wenigstens teilweise jener Habitus unserer Waldhäume, den wir als den Baumschlag hezeichnen, zusammenhängen müsse. Ohne auf die anderen Umstände einzugehen, denen dieser seinen Charakter verdankt, kann soviel festgestellt werden, dafs die Zweige, denen ein Mindermafs von Sonnenlicht zugeschickt wird, verdorren, dafs der Assimilationsprozefs der Blätter unterdrückt wird und sie vertrocknen. Von Pflanzen, die im Zimmer wachsen, ist die weitere Erscheinung hekannt, dafs sie selhst ohne die Konkurrenz anderer Individuen etiolieren, d. h. dafs ihre Stengel lang schiefsen, aber dünn und schwächlich hleihen, während ihre Blätter hleich und gelhlich werden wegen

der Hemmung des Assimilationsprozesses. Die Fichte, die ihre Zweigspitze nach oben krümmt, zeigt uns, dafs sie das unentbehrliche Mafs des Lichtes sucht, ohne das die Zweige zu Grunde gingen, wie die unteren Äste ja stets infolge des Lichtmangels absterben.

Das reine Sonnenlicht scheint es nach den vorliegenden Untersuchungen im allgemeinen nicht zu sein, dessen die Pflanzen zu ihrem Wachstum bedürfen, sondern nur das abgeschwächte Tageslicht. Nur dort, wo die Strahlung des Lichtes, welches den Pflanzen zu gute kommt, nicht lange genug ist, wo die sommerliche Jahreszeit nach der Entfernung der Schneedecke nur von kurzer Dauer ist, da scheint das direkte Sonnenlicht berufen zu sein, an Intensität zu ersetzen, was an Dauer der Strahlung abgeht, nämlich auf alpinen und an polaren Standorten. Die Alpenpflanzen wie die nordischen sind es, für welche der spezifische Lichtgenufs den höchsten Grad erreicht, was übrigens auch der blofse Augenschein festzustellen gestattet. Sm.

Bibliographisches

A. Charl. Leffler: Sonja Kovalevsky. Aus dem Schwedischen übersetzt von Dr. H. v. Lenk. Leipzig 1895, Verlag von Philipp Reclam jun. Preis 0,40 M.

Der durch seine Universal-Bibliothek längst rühmlichst bekannte Verlag von Reclam jun. hat seit einer Reihe von Jahren begonnen, seine hervorragenden Verdienste um die deutsche Litteratur dadurch noch wesentlich zu vermehren, dafs er auch philosophische und naturwissenschaftliche Werke von klassischem Wert den weitesten Kreisen zugänglich macht. So sind jetzt z. B. unter anderem schon die Werke eines Kant, Schopenhauer, Darwin in der Universalbibliothek erschienen und dadurch jedermann für die dankbar geringsten materiellen Opfer zugänglich geworden.

Mit der vorliegenden Doppelnummer ist das Gebiet der Reklam-Ausgaben von neuem erweitert worden, indem uns eine Lebensskizze der genialen russischen Mathematikerin Sophie Kovalevsky aus der Feder ihrer besten Freundin dargeboten wird, ein von Anfang bis zu Ende im höchsten Grade fesselndes Buch, das geeignet ist, für das eigenartige Schicksal einer berühmten Frau in den weitesten Kreisen Mitgefühl zu erregen, und das den Leser zugleich höchst interessante Einblicke in die modernste Entwickelung der europäischen Gesellschaftszustände gewinnen läfst. Aus dem von patriarchalisch-konservativem Geiste erfüllten elterlichen Hause führt uns die Verfasserin in die jungrussischen Gesellschaftskreise in Petersburg, wo Sophie Krukovsky und besonders deren ältere Schwester Anita stark von nihilistischen Strömungen ergriffen wurden. Wir erleben die dramatisch geschilderte, unter dem Deckmantel einer Scheinehe mit dem Studenten Kovalevsky bewerkstelligte Flucht ins Ausland förmlich als Augenzeugen mit und sehen nun die von heifsem Wissensdurst, aber auch einem gewissen Hang zum Abenteuer erfüllte junge Russin bald in Heidelberg, bald in Berlin studieren, in welch letzterem Ort sie eine Privatschülerin des Altmeisters Weierstrafs wurde, dessen Anregungen für ihre sämtlichen späteren Leistungen bestimmend wirkten. Es ist nicht möglich, hier die mannigfachen weiteren Ereignisse des kurzen, aber aufserordentlich inhaltreichen Lebens der bald durch hervorragende Arbeiten die gelehrte Welt in Erstaunen setzenden Forscherin anzudeuten, die schliefslich bis zu ihrem im Jahre 1891 erfolgten Tode einen mathematischen Lehrstuhl in Stockholm bekleidete. Die Leser der hier angezeigten Biographie werden alle bemerkenswerten Einzelheiten der im ganzen sehr unsteten und unharmonischen Erlebnisse der seltenen Frau erfahren und auch über die Ursachen unterrichtet werden, die trotz aller wissenschaftlichen Erfolge immer wieder den Genufs eines ruhigen Lebensglückes verhinderten und uns darum neben der Bewunderung geistiger Gröfse auch inniges Mitleid mit einem gequälten,

menschlichen Herzen abnötigen. Als Ergänzung der Lefflerschen Lebensskizze führen wir unseren Lesern die geistvollen Züge Sophie Kovalevskys im Bilde (s. Titelblatt) vor und bemerken, dafs ihre bedeutenden wissenschaftlichen Arbeiten sich nicht nur auf rein mathematische Probleme bezogen, sondern auch die Brechung des Lichts in Krystallen, die Frage nach der Stabilität der Saturnringe und das Problem der Rotation eines festen Körpers um einen festen Punkt behandelten. Die zuletzt genannte Abhandlung hatte der Verfasserin sogar den grofsen Preis der Pariser Akademie eingetragen.

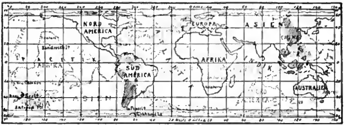
F. Kbr.

R. Wolf: Taschenbuch für Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Sechste, durch Prof. Wolfer vollendete Aufl. Zürich, F. Schulthess. 1895. Preis 6 Mk.

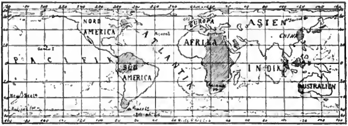
Das Büchlein, das sich nach Umfang (388 Seiten) und Format in der That als ein für den Studierenden äuserst praktisches „Taschenbuch" empfiehlt zeigt die den Wolfschen Schriften allgemein eigentümlichen Vorzüge, namentlich die Vereinigung einer grofsen Fülle brauchbaren Materials auf einem verhältnismäfsig sehr kleinen Raum. Freilich kommt die Physik in dem vorliegenden Buche etwas gar zu kurz weg, wird doch die Elektrizität auf fünf Duodezseiten abgefertigt, sodafs für die Induktion nur sieben Zeilen abfallen, während von Elektrodynamik überhaupt nicht die Rede ist. Als einen weiteren Mangel des Buches müssen wir die eigenartige und oft nicht leicht verständliche Ausdrucksweise des Verfassers bezeichnen. So sagt er z. B.: die „Beschleunigung der Schwere" statt „durch die Schwere"; die Definition der Potenz lautet: „Setzt man eine Zahl, die sog. Basis, so als Faktor zur Einheit, wie eine andere Zahl, der Exponent, aus dieser Einheit entstanden ist, so erhält man eine Potenz der ersten Zahl —" ein Satz, der höchstens confus machen kann und durchaus nicht der in den exakten Wissenschaften zu fordernden Präzision des Ausdrucks entspricht. — Immerhin mag das Büchlein, wenn es wirklich als ein ständiger Begleiter vom Studenten gebraucht wird, die zweckmäfsige Ausnutzung sonst müfsiger Minuten, auf die man in unserer schnelllebigen Zeit namentlich im Treiben der Grofsstadt bedacht sein mufs, in trefflicher Weise zu fördern im stande sein.

F. Kbr.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Karte der Antipoden.



Karte der Periöken.



Karte der Antöken.

Himmel und Erde
Gesellschaft Urania Berlin

Die Bedeutung der Pilze im Haushalte der Natur.

Vortrag, gehalten im Hörsaal der Berliner Gewerbe-Ausstellung am 20. Juni 1896

von Dr. L. Kny,
Professor an der Universität und an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.

Wenn Sie von Pilzen hören, so denken Sie in erster Linie an die stattlichen, zum Teil lebhaft gefärbten Schwämme, welche sich mit überraschender Schnelligkeit auf feuchtem Boden entwickeln und die Sie im Herbste auf einem Waldspaziergange in vielerlei Formen zu sammeln Gelegenheit haben. So grofs aber auch die Arten-Zahl dieser Schwämme ist, — sie bilden doch nur einen kleinen Bruchteil des grofsen Pilzreiches.

Auf der untersten Stufe desselben stehen die übel beleumundeten Bakterien (Fig. 1). Der Durchmesser ihrer Zellen beträgt im Minimum weniger als den tausendsten Teil eines Millimeters. Selbst bei Anwendung der besten optischen Hilfsmittel ist es nicht immer leicht, zu entscheiden, ob man organisierte Gebilde oder sehr kleine Fett- oder Eiweifströpfchen vor sich hat. Die Entwickelung der Bakterien ist die denkbar einfachste. Die Zellen spalten sich wiederholt in zwei gleiche Zellen, und diese trennen sich entweder sofort von einander oder bleiben kürzere oder längere Zeit zu Fäden oder Häufchen vereinigt. Das Protoplasma einzelner Zellen umgiebt sich unter bestimmten Bedingungen mit einer derben Membran. Auf solche Weise entstehen Sporen, welche die Art auch unter ungünstigen äufseren Verhältnissen erhalten.

Eine höhere Stufe der Organisation bezeichnen die Sprofspilze (Fig. 2), zu denen die meisten Hefearten gehören. Sie bestehen aus

kugeligen oder ovalen Zellen, welche in geeigneter Nährlösung an einer oder gleichzeitig an mehreren Stellen nadelknopfförmige Auftreibungen bilden. Haben diese letzteren etwa die Gröfse der ursprünglichen Zelle erreicht, so grenzen sie sich durch eine Scheidewand ab. · So entstehen aus einzelnen Hefezellen gröfsere Sprofs-Kolonien, deren Zusammenhalt indes nur ein lockerer ist; — sie fallen leicht in ihre Zellen auseinander.

Während Bakterien und Sprofspilze für das unbewaffnete Auge nur dann erkennbar werden, wenn sie in gröfserer Zahl auf einem kleinen Raume zusammengedrängt sind, kündigt sich der einzelne Schimmelpilz durch das Auftreten zarter Flocken an, welche einen ihm zusagenden Nährboden bald mit dichter Kruste bedecken. Die keimende Spore wächst zu einem zarten Schlauche aus, der sich unter-

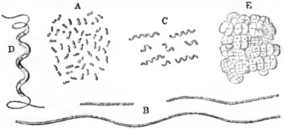


Fig. 1. Einige der wichtigsten Bakterienformen (nach Frank). A. Bacterium; B. Bacillus und Leptothrix. C. Spirillum tenue. D. Spirillum volutans. E. Sarcina ventriculi.

halb seiner fortwachsenden Spitze meist wiederholt verzweigt. Selten, wie bei dem gemeinen Mucor Mucedo (Fig. 3), bleibt das ganze Verzweigungssystem für lange Zeit eine zusammenhängende Zelle und erfährt erst gegen die Zeit der Fruchtbildung Querfächerung; meist, wie z. B. bei dem allverbreiteten Pinselschimmel (Penicillium glaucum) (Fig. 4) schreitet die Scheidewandbildung mit dem Längenwachstum scheitelwärts fort.

Die Stufe des verzweigten und durch Querwände gegliederten Fadens ist die höchste, welche ein Pilz erreichen kann. Alle die mannigfaltig gestalteten Fruchtkörper, wie die Keulen der Pistillaria- und Cordyceps-Arten, die korallenartig verzweigten Stöcke der Clavaria und Sparassis, die Trichter der Craterellus und die gestielten Hüte der Boletus und Agaricus sind, wie ihre Entwickelungsgeschichte ergiebt, aus solchen Fäden durch seitlichen Zusammenschlufs oder durch Verflechtung hervorgegangen.

Allen Pilzen ist eine für ihre Lebensweise höchst wichtige Eigenschaft gemein: — sie entbehren des bei den höheren Gewächsen fast allgemein verbreiteten Chlorophyllfarbstoffes. Zwar zeigen sie mannigfache, zum Teil sehr lebhafte Färbungen, aber das freudige Grün der Laubblätter geht ihnen vollständig ab. Der Chlorophyllfarbstoff spielt aber bekanntlich bei der Ernährung eine überaus wichtige Rolle. Ihm verdanken die grünen Pflanzen die Fähigkeit, aus den im Boden, im Wasser und in der Atmosphäre enthaltenen einfachen und sauerstoffreichen Nährstoffen durch Abspalten von Sauerstoff und Neugruppierung der Grundstoffe die kompliziert zusammengesetzten Verbindungen zu erzeugen, welche als wichtige chemische Bausteine für die Zelle Verwendung finden. Zellstoff, Stärke, Eiweifs-Verbindungen bildet die grüne Pflanze selbstthätig aus Kohlensäure, Wasser, den einfachen

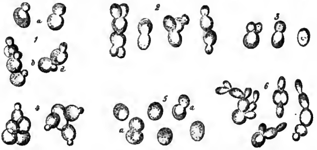


Fig. 2. Bierhefe (Saccharomyces cerevisiae) nach Reess. 400 mal vergr.

Stickstoff-Verbindungen des Bodens und wahrscheinlich auch aus dem freien Stickstoff der Luft.

Der Mangel des Chlorophylls bedeutet für die Pilze also eine vollständige Verschiedenheit ihrer Lebensweise von derjenigen der grünen Gewächse. Sie müssen die Baustoffe für ihren Organismus in ganz oder doch in nahezu fertiggebildeter Form von der Aufsenwelt beziehen. Sie leben deshalb entweder als Parasiten, d. h. sie entwickeln sich auf Kosten lebender Pflanzen oder Tiere, denen sie wertvolle Stoffe ihres Körpers entziehen; oder sie leben saprophytisch, d. h. sie ernähren sich von Rückbildungsprodukten organischer Wesen, welche noch nicht am letzten Stadium des Zerfalles angelangt sind.

Da Pilze in der Natur fast überall vorhanden sind und in hohem Mafse die Fähigkeit besitzen, sich allen erdenklichen Existenzbedingungen anzupassen, so kann es nicht fehlen, dafs sie im Haushalte der Natur eine überaus wichtige Rolle spielen. Auf der einen Seite wirken

sie zerstörend, indem sie das dargebotene organische Material in einfachere Verbindungen spalten und diese zum Teil veratmen, — auf der anderen Seite aufbauend; denn sie müssen ja das plastische Material, aus dem ihr Körper sich bildet, zum grofsen Teil neu erzeugen, und es wird hierbei so manches eigenartige Produkt des Stoffwechsels nebenher gebildet.

Wenn ich den Versuch wage, Ihnen in der kurzen Spanne einer Stunde die Beziehungen zwischen der Lebensthätigkeit der Pilze und derjenigen anderer Organismen in kurzer Übersicht vorzuführen, liegt es nahe, besonders bei solchen Beispielen zu verweilen, bei denen die Lebensbedingungen des Menschen vorwiegend in Betracht kommen.

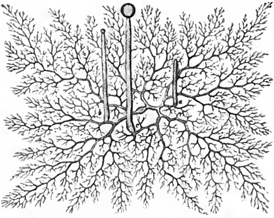


Fig. 3. Mucor Mucedo. Ein aus einer Spore erzogenes Mycelium mit zwei jungen und einem erwachsenen Fruchtträger. 31 mal vergr.

Die Kultur von Pflanzen zum Zwecke der Erzeugung vegetabilischer Nährstoffe setzt das Vorhandensein eines geeigneten Kulturbodens voraus. Dieser ist, wie wir ihn gegenwärtig vor uns sehen, in erster Linie das Produkt der mechanischen Zertrümmerung und Verwitterung der Gesteine, welche die feste Erdrinde zusammensetzen. Als zweiter wichtiger Faktor gesellen sich dieser unorganischen Grundlage aber auch zahlreiche organische Verbindungen bei, welche unter dem Namen „Humus“ zusammengefafst werden. Die Bedeutung des Humus besteht erst in zweiter Linie darin, dafs er bei der Ernährung der grünen Pflanzen mitwirkt. Er fördert die Pflanzen-Entwickelung hauptsächlich dadurch, dafs er dem Boden wichtige physikalische

Eigenschaften erteilt, besonders die Fähigkeit, Wasser viel stärker festzuhalten, als ein reiner Sandboden dies vermag.

Bei der Bildung des Humus sind nun die Pilze in hervorragendster Weise beteiligt. Sie wirken mit den Tieren und mit den wenigen als Saprophyten lebenden Blütenpflanzen zusammen, um die Leiber verstorbener Pflanzen- und Tiergenerationen soweit zu zersetzen, dafs sie als Nährboden für grüne Pflanzen tauglich werden. Würden plötz-

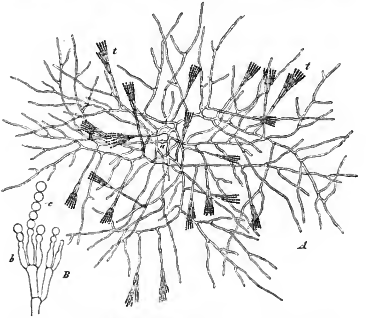


Fig. 4. Penicillium glaucum (Pinselschimmel) nach Brefeld und Zopf. A 120fach, B 730fach vergröfsert.

lich sämtliche Pilzkeime vernichtet, so hätte dies eine grofse Umwälzung im Haushalte der Natur zur Folge. Die Leichen der abgestorbenen Tier- und Pflanzengenerationen würden sich fürs erste ansammeln, bis niedere Tiere sich soweit vermehrt haben, um für die Pilze eintreten zu können. Doch bedürfte es einer weitgehenden Anpassung der Tiere an die neuen Verhältnisse, um die Pilze ganz ersetzen zu können.

Wie sehr die Pilze an der Bildung der Humusstoffe beteiligt sind, tritt schon der oberflächlichen Beobachtung entgegen, wenn man

Abfälle von Tieren oder Pflanzen in feuchter Luft, etwa in der durch eine Glasglocke abgesperrten Atmosphäre, sich selbst überläfst. Man sieht dann meist schon nach kurzer Zeit eine üppige Vegetation von Schimmelpilzen aus ihnen hervorspriefsen. Aufser diesen, dem unbewaffneten Auge aber verborgen, sind auch unzählige Fäulnifs-Bakterien an der Arbeit. Letztere sind meist dann vorherrschend, wenn der Nährboden ein sehr feuchter ist und keine saure Reaktion zeigt, während die Schimmelpilze im allgemeinen bei geringer Feuchtigkeit und auch unter Anwesenheit freier Säuren gedeihen. Doch erleiden diese Regeln zahlreiche Ausnahmen.

Bei dem Zerfall pflanzlicher und tierischer Überreste durch die Thätigkeit der Pilze, wird als Spaltungsprodukt der Eiweissubstanzen auch Ammoniak erzeugt, das sich durch seinen eigenartigen Geruch in geringen Mengen schon verrät. Das Ammoniak ist für die Pflanzen ein besonders wertvolles Nährmaterial, weil es ihnen den erforderlichen Stickstoff darbietet. Doch ist es eine weniger günstige Form, in welcher der Stickstoff den grünen Pflanzen geboten wird, als die ebenfalls in den Vegetationsböden enthaltene Salpetersäure. Letztere wird nun durch das Zwischenglied der salpeterigen Säure aus dem Ammoniak durch Oxydation d. h. durch Verbindung mit Sauerstoff erzeugt. Wie in den letzten Jahren ermittelt wurde, sind es im Boden lebende Bakterien, Arten der Gattung Nitromonas, welche durch ihre Lebensthätigkeit diese Umwandlung, die man als „Nitrifikation" bezeichnet, bewirken. Dabei befördern diese Bakterien noch in anderer Weise die Verbesserung des Vegetationsbodens, indem die Salpetersäure bei ihrer Entstehung die Kohlensäure aus der Verbindung mit dem Kalke austreibt und hierdurch kompakte Felsmassen zum Zerfalle bringt.[1])

Unter den wohlthätigen Bakterien, welche die Lebensbedingungen der grünen Pflanzen verbessern, darf ich der in den Wurzelknollen der Leguminosen lebenden nicht vergessen, welche in der jüngsten Zeit zu lebhaften Kontroversen Veranlassung gegeben haben. Die Leguminosen, zu denen eine Anzahl unserer verbreitetsten Kulturpflanzen, wie Erbse, Bohne, Lupine gehören, sind dadurch ausgezeichnet,

[1]) Vergl. die Zusammenstellung der neueren Arbeiten über Nitrifizierung der Ackererde in F. Ludwigs Lehrbuch der niederen Cryptogamen, 1892, p. 53 und die jüngste Mitteilung von E. Godlewski „Zur Kenntnis der Nitrifikation" im Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau, 1895, p. 185. Es wird hier die Angabe von Winogradski bestätigt, dafs durch die Thätigkeit der Bodenbakterien aus dem Ammoniak nicht sofort Salpetersäure, sondern zunächst salpeterige Säure erzeugt wird.

dafs sie in besonders hohem Grade die Fähigkeit besitzen, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu binden und für die Herstellung von Eiweifssubstanzen zu verwerten. Diese selben Leguminosen zeigen auch die Eigentümlichkeit, dafs ihre Wurzeln, wenn sie im Boden unter normalen Verhältnissen zur Entwickelung gelangen, knollige, entweder nahezu kugelige oder gelappte Auswüchse tragen, deren Durchmesser den der Wurzeln um das Mehrfache übertrifft (Fig. 5 A). Wir wissen,

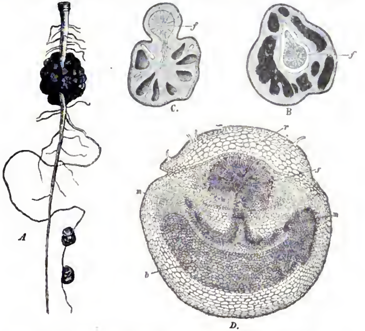


Fig. 5. Wurzelknöllchen der gelben Lupine. A in natürlicher Gröfse. B—D im Durchschnitt, schwach vergröfsert. Nach Frank.

dafs diese Auswüchse durch bestimmte, unter dem Namen „Rhizobium leguminosarum *Frank*" oder „Bacillus radicicola *Beyerinck*" zusammengefafste Bakterien erzeugt werden, welche aus dem Boden in die Oberhaut der Wurzeln eindringen und durch ein örtlich gesteigertes Wachstum der Rinde die Bildung der Knollen veranlassen. Es lag der Gedanke nahe, dieselben Bakterien möchten auch die Bindung des freien Stickstoffes bewirken, und in diesem Sinne ist ihr Zusammenleben mit den Leguminosen auch von verschiedenen Forschern gedeutet

worden; doch kann diese Frage zur Zeit noch nicht als spruchreif gelten.[2])

Ein Eindringen von Pilzen in das Innere von Wurzeln höherer Pflanzen und ein friedliches Zusammenleben beider ist auch aufserhalb der Klasse der Leguminosen häufig beobachtet worden; doch handelt es sich in den meisten Fällen nicht um Bakterien, sondern um Fadenpilze. Bei mehreren unserer verbreitetsten Waldbäumen, z. B. der Kiefer, der Birke, der Rotbuche nehmen dieselben von den Rindenzellen und Oberhautzellen der Wurzeln Besitz und verflechten sich zu einem geschlossenen Pilzmantel, von dem aus zahlreiche freie Fäden in den Boden eindringen. Diese Fäden treten an die Stelle der in den meisten unverpilzten Wurzeln vorhandenen, hier fehlenden Wurzelhaare (Fig. 6). Durch Versuche ist erwiesen, dafs die genannten Bäume besser gedeihen, wenn ihre Wurzeln vom Pilze infiziert sind, als wenn er ihnen fehlt. Wahrscheinlich liegt der Vorteil darin begründet, dafs Pilzfäden besser als die gewöhnlichen Wurzelhaare im stande sind, die Humussubstanzen des Bodens aufzunehmen und dem leitenden Gewebe der Wurzel zu weiterer Verwertung zu übermitteln.[3])

Meine bisherigen Auseinandersetzungen zeigten, dafs die Pilze, indem sie den Vegetationsboden für die Entwickelung der grünen Pflanzen bereiten und indem sie die Ernährung einzelner derselben in besonderer Weise fördern, sich um die Erzeugung der Nährstoffe für Tiere und Menschen hervorragende Verdienste erwerben.

Ihre Thätigkeit zu Gunsten des Menschen geht aber noch sehr viel weiter. Viele der uns unentbehrlichsten Nahrungs- und Genufsmittel sind in der Form, wie sie auf unseren Tisch kommen, ohne Mitwirkung der Pilze zur Zeit gar nicht herstellbar.

Am klarsten liegt die Thätigkeit der Hefepilze (Arten der Gattung Saccharomyces).

Läfst man frisch ausgeprefste, zuckerhaltige Fruchtsäfte, z. B. Traubenmost, nachdem man sie durch Filtrieren geklärt hat, an der Luft stehen, so tritt Gärung ein. Der Beginn derselben zeigt sich darin, dafs die vorher klare Flüssigkeit sich trübt und dafs Gasblasen in ihr aufsteigen. Die Trübung beruht auf der reichlichen Vermehrung

---

[2]) Vergl. insbesondere: B. Frank, Über die Pilzsymbiose der Leguminosen, Berlin, 1890, und Stutzer, Neuere Arbeiten über die Knöllchenbakterien der Leguminosen und die Fixierung des freien Stickstoffes durch die Thätigkeit von Mikroorganismen, Bakteriolog. Centralblatt, 2. Abt. I, 1895, p. 68 ff.

[3]) Näheres bei Frank, Lehrbuch der Botanik I, 1892, p. 259 ff.

eines oder mehrerer Arten von Sprofspilzen, welche in der Flüssigkeit vorher nicht bemerkt wurden; — die aufsteigenden Blasen bestehen

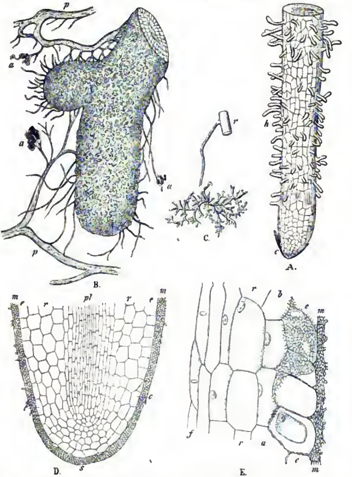


Fig. 6. A Unverpilztes Wurzelende der Rotbuche (Fagus silvatica). B Verpilztes Wurzelende derselben. C—E Verpilzte Wurzelenden der Weifsbuche (Carpinus Betulus); die letzten beiden Figuren im Längsschnitte. Nach Frank.

zum gröfsten Teil aus Kohlensäure. Die Hefezellen haben die Eigenschaft, durch ihre Lebensthätigkeit den in der Flüssigkeit vorhandenen

Zucker zu zerlegen. Der Hauptsache nach zerfällt derselbe in Weingeist und Kohlensäure; in geringer Menge werden noch einige Nebenprodukte, insbesondere Glycerin und Bernsteinsäure gebildet.

Dafs die Hefepilze die Ursache der Gärung sind, läfst sich leicht erweisen. Bringt man gärungsfähige Flüssigkeiten in einen Glaskolben, dem ein durchbohrter Kork mit engem Glasrohr luftdicht aufgesetzt ist, kocht sie in demselben einige Zeit und schmilzt das Glasrohr entweder während des Kochens zu oder verstopft dasselbe mit Watte, sodafs später keine Pilzkeime aus der Luft in die Flüssigkeit gelangen können, so läfst letztere sich beliebig lange Zeit aufbewahren, ohne dafs Gärung eintritt. Werden nun Hefezellen in die Flüssigkeit eingeführt, so beginnt sofort die Zersetzung.[4]) Der Versuch gelingt in ganz entsprechender Weise auch bei Milch und bei anderen Nahrungsmitteln, nur dafs es sich dort meist um durch Bakterien verursachte Fäulnisprozesse handelt. Auf Luftabschlufs nach Tötung der Pilzkeime durch hohe Temperatur beruhen die neueren Konservierungsmethoden fester und flüssiger Nahrungsmittel.

Bei den Weintrauben und den anderen Früchten, deren Saft zu Getränken vergoren wird, lebten die betreffenden Hefepilze vorher auf den Fruchtschalen und gelangten beim Pressen ohne Zuthun des Menschen in den Saft; bei der Bierwürze dagegen, welche bekanntlich eine Abkochung von Malz ist, müssen sie künstlich hinzugefügt werden. Während also die Hefen der Fruchtweine „wilde Hefen" sind, verdienen diejenigen der Bierwürze die Bezeichnung echter Kulturpflanzen, welche vom Menschen seit Jahrhunderten unbewufst gezüchtet worden sind. Es haben sich bei ihnen zahlreiche Rassen herausgebildet, deren jede gewisse Eigenarten der Form, der Entwickelung und besonders des Stoffwechsels besitzt. Es ist eine der vornehmsten Aufgaben der modernen wissenschaftlichen Brauerei-Technik, die einzelnen Rassen von einander und von den störenden Bakterien zu trennen und die besten von ihnen in reingezüchteter Form der Praxis zur Verfügung zu stellen. Auf diese Weise sind für die Sicherheit des Betriebes und für die Güte seiner Produkte bereits die wertvollsten Resultate erzielt worden.[5])

---

4) Vergl. A. de Bary, Die neuesten Arbeiten über Entstehung und Vegetation der niederen Pilze, insbesondere Pasteurs Untersuchungen, Flora, 1862, p. 355 ff.

5) Die ersten Bemühungen zur Sonderung und Reinkultur der Bierhefen verdankt man dem Vorstande des Pflanzenphysiologischen Laboratoriums in Carlsberg bei Kopenhagen, Herrn Chr. E. Hansen. Auch nach anderer Richtung

Auch das Aroma des Weines, sein „Bouquet“, ist nicht allein von der Qualität des Gewächses, sondern auch in hervorragender Weise von der Hefe abhängig. Auch hier ist deshalb die Reinkultur gewisser Arten und Rassen berufen, das bisherige rein empirische Verfahren erheblich zu vervollkommnen.

Noch wohlthätiger für den Menschen, als bei der Bereitung weingeistiger Getränke, ist die Gärthätigkeit der Hefe im Bäckereigewerbe. Durch Zerlegung des im Teige befindlichen Zuckers in Alkohol und Kohlensäure werden Gasblasen entbunden, welche den Teig lockern. Anderenfalls würde das Brot in gröfseren Mengen für uns nicht geniefsbar sein. Dagegen sind es Bakterien, welche die anderen im Sauerteige vor sich gehenden Gärungsprozesse hervorrufen. Sie sind es, welche in erster Linie den Geschmack des Brotes bestimmen.[6])

Die Bakterien spielen eine sehr wichtige, teils nutzenbringende, teils schädliche Rolle in der Milchwirtschaft. Läfst man frische Milch an der Luft stehen, so ist sie nach 2—4 Tagen gleichmäfsig erstarrt und sauer geworden. Die von aufsen in die Milch gelangten Milchsäure-Bakterien haben den Milchzucker in Milchsäure und Kohlensäure vergärt. Bei gewissen Milchsäure-Bakterien — es giebt deren mehrere — entstehen noch andere Nebenprodukte, wie z. B. Alkohol. Um haltbare und wohlschmeckende Butter zu erzielen, setzt man dem Rahm eine geringe Menge leicht sauer gewordener Milch, den sogen. „Säurewecker“ hinzu, bei dessen Herstellung in neuerer Zeit Reinkulturen bestimmter Bakterien-Arten verwendet werden.

Der in den Handel kommende Käse wird bekanntlich entweder aus süfser oder saurer Milch gewonnen. Im ersten Falle wird die Abscheidung des Käsestoffes durch Lab, im zweiten Falle durch säurebildende Bakterien bewirkt. Der Reifungsprozefs welcher den Käsesorten erst ihren Wohlgeschmack und ihr eigentümliches Aroma erteilt, geht stets unter Mitwirkung von Bakterien vor sich. Hat man die Bakterien der Milch vor Abscheidung des Käsestoffes durch Kochen oder auf andere Weise getötet, so findet niemals ein Reifen des Käses statt. Auch auf diesem Gebiete hat die bakteriologische Forschung schon sehr wertvolle Resultate erzielt; doch gröfser noch ist das Feld, das sich ihrer praktischen Anwendung in der Zukunft eröffnet. Durch

---

war derselbe für die wissenschaftliche Förderung des Brauereigewerbes hervorragend thätig.

[6]) W. L. Peters, Die Organismen des Sauerteiges und ihre Bedeutung für die Brotgärung, Botan. Zeitung, 1889, p. 405.

Veredelung der Produkte der Milchwirtschaft sind die Erträge der heimischen Landwirtschaft noch einer erheblichen Steigerung fähig. [7])

Die Schimmelpilze spielen bei der Herstellung des Käses meist keine Rolle; nur bei wenigen Sorten, wie beim Roquefort, sind sie am Reifungsprozesse beteiligt. Dafür liefert der Stoffwechsel der Schimmelpilze manches andere sehr wertvolle Produkt. Ich erinnere an die durch Botrytis cinerea bewirkte Edelfäule der Trauben. Gewisse Schimmelarten scheiden im Verlaufe ihrer Entwickelung so erhebliche Mengen von Citronensäure aus, dafs deren Gewinnung im grofsen auf diesem Wege als aussichtsvoll erscheint. [8])

Die Wohlthaten, welche die Bakterien der Menschheit spenden, kommen in besonderem Mafse auch den Tabak-Konsumenten zu gute. Der sogenannte „dachreife“ Tabak wird bekanntlich in grofsen Haufen von hundert und mehr Centnern zusammengepackt und einer mit Selbsterwärmung verbundenen Fermentation überlassen. Der Tabak „schwitzt“, wie die Fabrikanten sagen. Es bilden sich bei diesem Prozesse diejenigen Verbindungen, welche dem Tabakblatte seinen Geschmackswert für den Raucher und Schnupfer geben.

Der Anstofs der Gärung geht von Bakterien aus. Es sind aber nicht dieselben Bakterien, welche den Gärungsprozefs in der Havanna, in der Türkei und in Deutschland bewirken. Indem die Bakterien des Havanna-Tabaks in Reinkulturen gezüchtet und dem zur Gärung vorbereiteten einheimischen Tabak zugesetzt wurden, gelang es, das Produkt in erheblichem Mafse zu veredeln. [9])

Nachden wir gesehen, wie viel wir in der Verbesserung unserer materiellen Lebensbedingungen den Pilzen verdanken, verlangt die Gerechtigkeit, den Lichtseiten auch die Schattenseiten gegenüber zu stellen.

In erster Linie müssen wir der zahlreichen Pilze gedenken, welche als Schmarotzer viele höhere Pflanzen bewohnen und deren Erkrankung, nicht selten deren Tod herbeiführen. Zu diesen Pflanzen

[7]) Ed. v. Freudenreich, Die Bakteriologie in der Milchwirtschaft, Basel, 1893; V. v. Klecki, Über den Reifungsprozefs der Käse. Kritisches Sammelreferat, Centralblatt für Bakteriologie etc. 2. Abt. II., 1896, p. 21 ff.

[8]) C. Wehmer, Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze I. Zwei neue Schimmelpilze als Erreger einer Citronensäure-Gärung. Mit 2 Tafeln. Hannover, 1893, und: Zur Charakteristik des citronensauren Kalkes und einige Bemerkungen über die Stellung der Citronensäure im Stoffwechsel. (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 11, 1893, p. 333 ff.).

[9]) G. Suchsland, Über Tabakfermentation. (Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 9, 1891, p. 79.).

gehören auch unsere Kulturgewächse. Jedes derselben hat einen oder mehrere Parasiten, von denen mancher für sich allein im stande ist, die

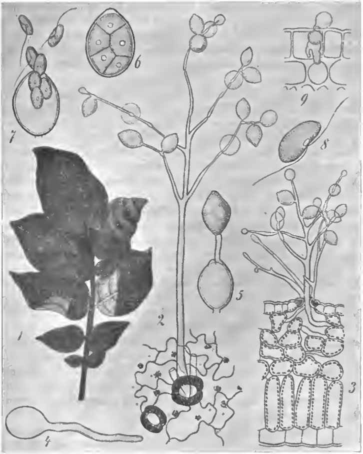


Fig. 7. Der Kartoffelpilz (Phytophthora infestans) nach de **Bary**, **Sorauer** und nach Originalzeichnungen des Verfassers. Fig. 2—9 stark vergröfsert.

Hoffnungen des Landwirtes, des Forstmannes oder des Gärtners vollkommen zu vernichten.

Einer der schlimmsten Krankheitserreger ist der **Kartoffelpilz**

(Phytophthora infestans, Fig. 7). Er lebt im Innern eines Gewächses, welches seit seiner Einführung um die Mitte des vorigen Jahrhunderts als Nahrungsmittel für Mensch und Tier und als Rohmaterial für die Spiritus-Erzeugung eine ganz aufsergewöhnliche Bedeutung für die Landwirtschaft erlangt hat. Das seit 1845 in gröfserem Mafsstabe beobachtete epidemische Auftreten der Kartoffelkrankheit in Europa hat deshalb grofse Sorge hervorgerufen und Botaniker und Landwirte angespornt, ihre Ursache zu ergründen und wirksame Mittel der Abhilfe aufzusuchen.

Als erstes Anzeichen der Erkrankung treten auf dem grünen Kraute braune Flecken auf, welche, anfangs von geringem Umfange, sich bei feuchter Witterung rasch vergröfsern. Untersucht man das noch grüne Zellgewebe des Kartoffelblattes in unmittelbarer Nachbarschaft der Flecken, so sieht man zwischen den Zellen zarte Pilzfäden verlaufen, welche vereinzelte, kurze, schwach hakenförmig gekrümmte Fortsätze (Haustorien) zum Zwecke der Nahrungsaufnahme in das Innere der Zellen hineinsenden. Die Pilzfäden selbst sind sparsam verästelt, aber nicht, wie bei den meisten anderen Fadenpilzen, durch Querwände gefächert. Als letzte Auszweigungen dieser Fäden treten an der Unterseite des Kartoffelblattes aus den für den Luftaustausch der Nährpflanze mit der Atmosphäre bestimmten „Spaltöffnungen“ die Fruchtträger des Pilzes einzeln oder zu mehreren hervor. In ihrer Gesamtheit erscheinen sie dem unbewaffneten Auge als zarter Schimmelanflug. Sie sind straff aufgerichtet und am Ende sparsam verzweigt. Jedes Zweigende bildet eine citronenförmige Anschwellung, welche sich durch eine Querscheidewand als Spore (Conidie) abtrennt. Nachdem dies geschehen, wächst das Zweigende unter geringer Anschwellung fort, um bald darauf in ähnlicher Weise eine zweite Conidie zu bilden. Es können so von demselben Zweigende nacheinander bis 10 und mehrere Conidien erzeugt werden. Die reifen Conidien werden durch das Fortwachsen des Zweigendes zur Seite geschoben und fallen bald ab (Fig. 7, bei 2 u. 3).

Ihre Keimung findet unter günstigen Bedingungen sofort nach erfolgter Reife statt. Sie kann, wenn die Conidien in einem Wassertropfen ausgesät werden, in drei verschiedenen Formen erfolgen.

Entweder teilt sich der lebendige Zellleib der Conidie, das Protoplasma, in 6—16 Teile, welche aus einer am Scheitel durch Auflösung der Membran entstehenden Öffnung hervortreten und sich als Schwärmer frei durch das Wasser bewegen. Zu diesem Zwecke sind die annähernd nierenförmigen Schwärmer an ihrer flachen Seite mit zwei langen

Flimmerfäden ausgestattet, deren einer bei der Bewegung vorangeht, deren anderer, einem Steuerruder ähnlich, nachgeschleppt wird. Nach höchetens halbstündigem Schwärmen gelangt die Schwärmspore zur Ruhe, umgiebt sich mit einer Membran und wächet zu einem Keimschlauche aus. Oder es wächst die Conidie, wie es bei den meisten Pilzen die Regel ist, unmittelbar zu einem Keimechlauche aue, welcher die Krankheit auf andere Kartoffelpflanzen zu übertragen im etande ist. Oder endlich der aue der Conidie hervortretende Keimschlauch schwillt am Ende zu einer sekundären Conidie an, welche, ebenso wie die primäre, Schwärmer zu erzeugen oder zu einem Keimschlauche auezuwacheen vermag (Fig. 7, bei 4 bis 8).

Mag der Keimschlauch direkt aus der primären oder aus einer sekundären Conidie oder aus einem zur Ruhe gekommenen Schwärmer hervorgegangen sein: immer mufs er in eine Kartoffelpflanze eindringen, um die Krankheit auf diese übertragen zu können. Das Eindringen in das grüne Laub erfolgt entweder durch die als Eingangswege vorgebildeten Spaltöffnungen oder durch die geschloseene Aufsenwand einer Oberhautzelle (Fig. 7, bei 9). Geschieht letzteres, so mufs der Keimfaden des Pilzes durch Ausscheidung eines Fermentes die Membran an der betreffenden Stelle auflöeen. Durch eine innere Wandstelle der Oberhautzelle gelangt der Keimschlauch in derselben Weise zwischen die Gewebezellen, wo er alle Bedingungen für sein weiteres üppiges Wachstum und für die spätere Fruchtbildung findet.

Die Kartoffelkrankheit bleibt aber, wie bekannt, nicht auf das grüne Laub beschränkt, sondern befällt auch die Knollen. Infolge der Anwesenheit der Pilzfäden treten an ihnen braune, mifsfarbene Flecken auf, unter denen das stärkemehlhaltige Zellgewebe in Fäulnis übergeht. Bei trockener Witterung können die gesundgebliebenen Teile der Knolle sich durch Bildung von Wundkork gegen die kranken abschliefsen. Bei feuchter Witterung geht gewöhnlich die ganze Knolle rasch in Fäulnis über.

Dafs die Krankheit der Knollen mit derjenigen des grünen Krautes identisch ist, wurde durch den Versuch direkt erwieeen. Die Keimschläuche von Schwärmern, welche dem auf den Blättern fruchtenden Pilze entstammen, vermögen sich durch die Korkechichten der Knolle einen Weg in deren Inneres zu bahnen und alle die charakteristischen Erscheinungen der Krankheit hervorzurufen.

Eine wichtige Frage ist es, wie die Kartoffelkrankheit sich über den Winter erhält und wie sie im nächsten Jahre auf die geeunden Sprosse übertragen wird.

Die auf den Blättern erzeugten Conidien des Pilzes verlieren ihre Keimkraft schon nach wenigen Wochen, und besondere Dauersporen, wie solche bei vielen anderen Pilzen zum Zwecke der Überwinterung gebildet werden, sind bisher vergeblich beim Kartoffelpilz gesucht worden.

Die Natur hat hier in anderer Weise gesorgt. Die in den erkrankten Knollen nistenden Pilzfäden besitzen die Fähigkeit, während des Winters lebenskräftig zu bleiben, im Frühjahr beim Auswachsen der „Augen" in die jungen Triebe einzudringen, sich mit ihnen fortzuentwickeln und im Juli oder August an einer beliebigen Stelle des grünen Krautes zur Fruchtentwickelung zu gelangen. Will man gegen das Übel ankämpfen, so kann dies also in keiner anderen Weise wirksam geschehen, als dafs man aufs äufserste sorgfältig bei Auswahl des Saatgutes verfährt und dasselbe nötigenfalls von solchen Gegenden bezieht, wo die Krankheit im letzten Jahre nicht aufgetreten ist. Selbstverständlich setzt dies das Zusammenwirken aller Landwirte eines ausgedehnten Bezirkes voraus; denn, wenn die Krankheit erst einmal an einer noch so kleinen Stelle zum Ausbruch gelangt ist, so lassen sich im Verlauf des Sommers ihrer Verbreitung durch Wind und Regen kaum noch Schranken setzen. [10])

Das zweite Beispiel einer durch Pilze hervorgerufenen epidemischen Pflanzenkrankheit, das ich Ihnen vorführen möchte, betrifft die Rostkrankheit des Roggens, welche durch Puccinia graminis erzeugt wird. Diese Krankheit tritt weniger verheerend auf als die Kartoffelkrankheit; ihr Pilz fesselt dafür aber unser Interesse durch die grofse Vielgestaltigkeit der Fruchtformen und durch die Eigentümlichkeit, im Laufe der Entwickelung von einer Nährpflanze auf die andere übergehen zu müssen.

Das erste Anzeichen der Erkrankung macht sich an den Roggenpflanzen dadurch bemerkbar, dafs an Stengeln und Blättern zwischen den Leitbündeln rostfarbene Streifen erscheinen. Es sind dies Fruchtlager des Pilzes, aus relativ grofsen, ovalen Sporen bestehend, deren jede von einem zarten Stiele getragen wird. Nachdem die Oberhaut der Roggenpflanze, welche das junge Fruchtlager bedeckte, durchbrochen ist, fallen die Sporen leicht von ihren Stielen ab.

---

[10]) Betreffs weiterer Einzelheiten sind besonders zu vergleichen: A. de Bary, Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung. Leipzig, 1861, und B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen, 2. Aufl., Breslau, 1895/96, I, p. 52.

In diesem Entwickelungszustande ist der Pilz früher unter dem Namen „Uredo linearis“ beschrieben worden. Man bezeichnet diese Sporenform deshalb als Uredo-Sporen (Fig. 8, bei 5, U).

Vermöge ihrer Fähigkeit, sofort keimen (Fig. 8, bei 4) und die Keimschläuche in die Spaltöffnungen junger Grasblätter hineinsenden zu können, sind die Uredo-Sporen das wichtigste Verbreitungsmittel des Schmarotzers während des Sommers. Wind und Insekten sorgen für ihre Übertragung auf gesunde Pflanzen, Regen und Tau für ihre

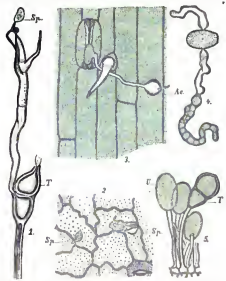


Fig. 8. Puccinia graminis. 1. Keimende Teleutospore, 330 mal vergröfsert. 2. Sporidien-Keimschläuche, in die Oberhaut eines Berberis-Blattes eindringend, 256 mal vergröfsert. 3. Keimschlauch einer Aecidium-Spore, in die Oberhaut eines Roggenblattes eindringend, 292 mal vergröfsert. 4. Keimende Uredo-Spore, 244 mal vergr. 5. Reife Uredo-Sporen und Teleutosporen, 292 mal vergr. Nach Tulasne, de Bary und nach einer Originalzeichnung des Verfassers.

Keimung. Nach wenigen Tagen brechen auf der infizierten Roggenpflanze neue Fruchtlager hervor.

Im Verlaufe des Monats Juli sieht man die anfangs rostfarbenen Fruchtlager allmählich immer dunkler, zuletzt tief schwärzlich-braun werden. Die Umfärbung ist dadurch verursacht, dafs zwischen den Uredo-Sporen andere Sporen erscheinen, welche für die Überwinterung bestimmt sind, also den Abschlufs der Entwickelung für das laufende

Jahr darstellen. Sie wurden deshalb Teleutosporen genannt. Sie bestehen aus zwei übereinanderliegenden, derbwandigen braunen Zellen, welche von einem einzelligen, kräftig gebauten Stiel getragen werden. Mit diesem bleiben sie den ganzen Winter hindurch auf dem trockenen Roggenstroh befestigt (Fig. 8, bei 5, T.).

Die Keimung der Teleutosporen erfolgt etwa im Monat April dadurch, dafs jede der beiden Sporenzellen durch eine vorgezeichnete, etwas dünnere Stelle der Membran einen zarten Keimschlauch entsendet, welcher sich in wenige, meist 4 übereinanderliegende Zellen teilt. Dieselben wachsen am oberen Ende in je einen zarten Fortsatz aus, der am Ende zu einer zartwandigen „Sporidie“ anschwillt (Fig. 8, bei 1, Sp.).

Als de Bary, dem wir vorwiegend die Kenntnis der Lebensgeschichte des Getreide-Rostpilzes verdanken, diese Sporidien auf junge Roggenpflanzen aussäete, sah er zwar die ersten Stadien der Keimung, konnte aber nie ihr Eindringen feststellen.[11]) Die unter den Landwirten von Alters her verbreitete Ansicht, dafs die Rostkrankheit des Getreides mit der Rostkrankheit der Berberitze zusammenhänge, gab ihm Veranlassung, die Aussaaten auf jungen Berberis-Blättern zu wiederholen. Der Erfolg war ein schlagender. Der Keimschlauch bahnte sich hier seinen Weg durch eine beliebige Stelle der nach aufsen gekehrten Membran einer Oberhautzelle (Fig. 8, bei 2) und brachte auf dem neuen Substrat zwei andere, längst bekannte, aber als selbständiger Pilz beschriebene Fruchtformen zur Entwickelung: — erstens kleine Behälter, sogenannte „Spermogonien“ mit einem aus zarten Pilzfäden gewebten Gehäuse, welche in geringer Tiefe unterhalb der Oberfläche, im Blattgewebe, nisten und einen schmalen Hals nach aufsen senden. Durch diesen werden eine grofse Zahl kleiner Zellen („Spermatien“) entleert, welche durch Abschnürung an zarten aufrechten Fäden entstanden waren; — zweitens gröfsere Behälter, welche bei der Reife die Oberhaut des Berberis-Blattes durchbrechen und ihre einschichtige Wandung am Scheitel öffnen. Am Grunde befinden sich, dicht gedrängt, eine gröfsere Zahl von Stielzellen (Basidien), welche durch wiederholte Abschnürung und darauffolgendes Auswachsen zu ihrer früheren Ausdehnung eine einfache Reihe von Sporen und Zwischenzellen erzeugen. Die obersten, ältesten Sporen sind schon reif und zum Verstäuben bereit, während

[11]) Wenn die Angaben von Plowright (Gardners' Chronicle, 9. September 1882) sich bestätigen sollten, würde unter besonderen Umständen das Eindringen in Getreidepflanzen dennoch stattfinden können.

die unteren erst angelegt werden. Diese Fruchtform galt als charakteristisch für die frühere Gattung Aecidium. Wir bezeichnen die Sporen deshalb als „Aecidium-Sporen“ (Fig. 9 u. 10).

Während die Spermatien nicht keimfähig sind und ihre Bedeutung für den Entwickelungsgang des Pilzes noch nicht klargelegt ist, wachsen die Aecidium-Sporen im Wassertropfen sofort zu langen Schläuchen aus. In ein junges Berberis-Blatt vermögen dieselben nicht einzudringen; dagegen gelingt durch sie die Infektion junger Roggenpflanzen. Der Eintritt in das Blattgewebe erfolgt ebenso, wie

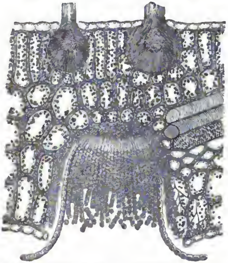


Fig. 9. Puccinia graminis. Querschnitt durch ein Berberis-Blatt mit einer nach unten gekehrten Aecidium-Frucht und zwei nach oben gekehrten Spermogonien, 138 mal vergröfsert.



Fig. 10. Puccinia graminis. Drei benachbarte Ketten von Aecidiumsporen auf ihren Basidien, 550 mal vergröfsert.

bei den Keimlingen der Uredo-Sporen, durch die Spaltöffnungen (Fig. 8, bei 3).

Von hohem Interesse ist es, dafs der von de Bary klargelegte entwickelungsgeschichtliche Zusammenhang zwischen der Rostkrankheit des Getreides und der Berberitze schon von Marshall [12]) im Jahre 1782, also zu einer Zeit durch den Versuch nachgewiesen worden ist, wo die pilzliche Natur der Rostkrankheit noch unbekannt war. Er

[12]) The Rural Economy of Norfolk, 2. Edition, Vol. II, p. 361.

liefs im Frühjahr einen grofsen Berheritzenstrauch in die Mitte eines Weizenfeldes pflanzen und fand im Spätjahre rings um den Strauch ein grofses Stück des Ackers vom Roste verdorhen. „Das Stück glich dem Schweife eines Kometen, dessen Kern von dem Strauche selbst vorgestellt wurde; auf der einen Seite erstreckte sich die Wirkung zwölf, auf der anderen zwei Ellen weit."

Was hier im kleinen erwiesen war, hat sich im grofsen vollauf hestätigt. So hatte z. B. die Paris-Lyoner Eisenhahn-Gesellschaft ihren Bahnkörper auf eine Strecke von mehreren Kilometern mit Berheritzenhecken eingefafst und dadurch eine starke Rost-Epidemie auf den benachharten Getreidefeldern erzeugt. Die Entfernung der Hecken hrachte die Krankheit zum Verschwinden.[13])

Die praktische Schlufsfolgerung, welche sich aus diesem Sachverhalte ergiebt, liegt nahe und ist von den zuständigen Behörden mehrfach gezogen worden. In Deutschland ist zuerst seitens der Gräflich Lippeschen Landes-Regierung der Befehl zur Ausrottung des Berheritzenstrauches gegehen worden. In neuerer Zeit sind auch Preufsische Polizeihehörden mehrfach in ähnlicher Weise vorgegangen.

Dafs Fadenpilze auch als Krankheitserreger bei Tieren und heim Menschen Bedeutung gewinnen können, zeigt die epidemische Erkrankung unserer Stubenfliegen im Herbste, welche schon das lehhafte Interesse von Goethe auf sich lenkte;[14]) ebenso gewisse durch Aspergillus-Arten hervorgerufene Ohr-Erkrankungen des Menschen. Doch sind als Träger von Ansteckungen im Tierreiche die Bakterien von ungleich gröfserer Bedeutung. Dafs sie bei den Seidenraupen die Gattine-Krankheit, hei den Rindern und Schafen den Milzbrand, hei den Pferden die Rotzkrankheit erzeugen, dafs heim Menschen Cholera, Diphtheritis, Lungentuberkulose, Aussatz und zahlreiche andere Seuchen teils sicher, teils mit mehr oder weniger hohem Grade von Wahrscheinlichkeit durch Bakterien hervorgerufen werden, darf ich hei Ihnen als hekannt voraussetzen; denn gerade auf diesem Gebiete haben die politischen Tagehlätter uns in letzter Zeit immer sehr gewissenhaft auf dem Laufenden erhalten. Soweit es sich um Epidemien bei Tieren handelt, befindet sich die Wissenschaft in derselben günstigen Lage wie bei Pflanzenkrankheiten. Die Infektion

[13]) G. Rivet, Influeuce des plantations d'épine-vinette sur le développement de la rouille des céréales (Bull. de la Soc. bot. de France, 16, 1869, p. 331.).

[14]) Ferdinand Cohn, Göthe als Botaniker (in desseu Werk: Die Pflanze, Vorträge aus dem Gebiet der Botanik, 2. Aufl. Breslau, 1896.) p. 123.

gesunder Tiere durch den verdächtigen Mikroorganismus, die schrittweise Verfolgung seines Eindringens und seiner Fortentwickelung in den erkrankten Geweben vermag hier volle Sicherheit zu bringen. Bei Epidemien des Menschen liegen die Verhältnisse schwieriger. Falls die betreffende Krankheit sich nicht auch auf Tiere übertragen läfst, sind Infektionsversuche durch die Natur der Sache ausgeschlossen, und es mufs bis auf weiteres die Wahrscheinlichkeit an die Stelle der Sicherheit treten.

Die modernen Heilverfahren der durch Bakterien erzeugten Infektionskrankheiten gründen sich auf die Thatsache, dafs der Parasit, indem er in den Geweben des Wirtes ein spezifisches Gift erzeugt, denselben gleichzeitig zur Bildung eines Gegengiftes anregt. Ist durch absichtliche Infizierung in einem tierischen Organismus das Gegengift in genügender Konzentration und Menge gebildet worden, so können die diesem entnommenen Körpersäfte zur Schutzimpfung gesunder und zur Heilung erkrankter Menschen und Tiere mit Erfolg verwendet werden. [15])

Dafür, dafs zahlreiche Pilze unsere Kulturpflanzen, unsere Haustiere und uns selbst mit dem Tode bedrohen, leisten verwandte Arten uns dadurch geringen Ersatz, dafs sie bei der Vertilgung tierischer Schädlinge mitwirken. Wenn die Raupen der Kohlweifslinge (Pieris Brassicae) noch kürzlich erst den Kohlpflanzungen argen Schaden zugefügt haben, werden sie oft plötzlich von der Entomophthora radicans befallen und in starre Mumien umgewandelt. Haben die Raupen der Forsteule (Noctua piniperda) grofse Strecken Kiefernwälder vernichtet, so wird ihren Verheerungen durch Empusa Aulicae oft unerwartet Einhalt geboten. Die Feldmäuse fallen, nachdem sie sich rapid vermehrt hatten, ihrem Typhus-Bacillus (Bac. typhi murium *Löffler*) oft binnen kürzester Zeit zum Opfer.

Es lag der Gedanke nahe, durch Infektion gesunder tierischer Schädlinge mit Pilzkeimen die durch sie erzeugten Krankheiten absichtlich hervorzurufen. Bei den Feldmäusen ist dies bekanntlich durch die Versuche Löfflers in bester Weise gelungen. Auch bei der Vertilgung der Maikäfer-Larven, der Engerlinge, durch Isaria densa, der Wanderheuschrecken durch Lachnidium acridiorum sind beachtenswerte Erfolge erzielt worden.[16])

[15]) Emil Behring, Leistungen und Ziele der Serum-Therapie (Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, 67. Versammlung zu Lübeck. 1895. I. p. 51.)

[16]) Näheres hierüber in F. Ludwigs Lehrbuch der niederen Cryptogamen. Stuttgart, 1892.

So bin ich nun am Schlusse meines Vortrages angelangt. Das Ihnen vorgeführte Material wird, trotz seiner durch die Kürze der verfügbaren Zeit gebotenen Dürftigkeit, die Überzeugung in Ihnen geweckt haben, dafs die Pilze eine herrschende Stellung im Reiche der Organismen einnehmen. Mit den von ihnen ausgehenden Kraftäufserungen verhält es sich ganz ebenso, wie mit den einfachen Kräften der unorganischen Natur, mit der Wärme, der Schwerkraft, der Elektrizität: — sie sind segenspendend und verderbenbringend. Dem Menschen bleibt es überlassen, die feindlichen Kraftäufserungen zu bekämpfen, die freundlichen zu pflegen und fortzuentwickeln. In diesem Sinne darf auch die Pilzforschung Anspruch darauf erheben, an der Förderung der Kultur in erheblichem Mafse mitgewirkt zu haben.

Die Entwickelung des Hühnchens im Ei.

Von Dr. Carl Müller in Berlin,
Professor an der kgl. technischen Hochschule.

(Fortsetzung).

Die Schwierigkeit, welche sich der Erfassung der zweiten Phase der Entwickelung aller höher organisierten Tiere, insonderheit der Wirbeltiere, entgegenstellt, liegt in dem räumlichen und zeitlichen Nebeneinander einer ganzen Reihe von Umbildungen der beiden Keimblätter, deren Entstehung wir im Vorangehenden darzulegen versuchten. Und doch läfst sich, wenn man sich erst einmal durch die Erscheinungen hindurchgearbeitet hat, am Ende triumphierend die Behauptung aussprechen, dafs die Natur auf dem einfachsten Wege die schwierigsten Probleme zu lösen vermag, ja es mufs sogar betont werden, dafs die der unmittelbaren Beobachtung zugänglichen Werdeprozesse, soweit sie die Körperbildung betreffen, nur mannigfaltige Abwandelungen, Variationen eines und desselben Vorganges sind. Im Grunde ist die Aus- und Umgestaltung des gesamten Leibes und der einzelnen Organe der höheren Tiere die Folge ungleichen Wachstums der Keimhaut, des ungleichen Wachstums bezüglich der Fläche einerseits, der Dicke andererseits. Eine unmittelbare Folge ungleicher Flächenzunahme einer Haut ist die Bildung von Falten, welche je nach ihrer Länge eine Röhre, eine längliche Blase, eine Hohlkugel oder einen Ausstülpungskanal umschliefsen. Eine zweite Folge ist dann häufig die Erscheinung, dafs die Faltenränder an gegenüberliegenden Punkten sich bis zur Berührung einander nähern, worauf dann ein Verwachsen der Faltenränder wie eine Art Verlötung erfolgt. Wird dann noch die Falte nach der Verwachsung ihrer Ränder durch eine weitere Einziehung von der ursprünglichen faltenbildenden Haut völlig abgetrennt, so erscheinen Faltung, Verwachsung und

Abtrennung als ein einheitlicher Organbildungsprozefs, den man schlechthin als Abschnürung bezeichnen kann.

Die fundamentale Bedeutung dieses Vorganges wird es rechtfertigen, wenn wir denselben an einem Beispiele des näheren verfolgen. Fig. 11 zeigt uns im ersten Bilde der oberen Reihe eine Gastrula eines ungleichpolig sich entwickelnden Eies. An der nach oben liegenden Urmundslippe biegt sich die äufsere Keimhaut A nach innen zum inneren Keimblatte J um, in dessen nach unten sich wendendem Teile die Dottermasse D ihren Platz gefunden hat. Sie ist vom

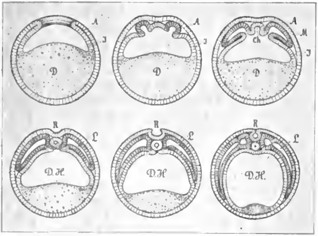


Fig. 11.

äufseren Keimblatte völlig umwachsen, über ihr ist eine geräumige Urdarmhöhle sichtbar. Nehmen wir nun an, dafs das innere Keimblatt in der hinter der Urmundslippe liegenden Region, welche die Urdarmhöhle von oben her überdeckt, eine schnellere Zunahme in der Flächenausdehnung erfährt, als die äufsere Keimhaut, so mufs die innere Haut Falten schlagen. Wir sehen in dem zweiten Bilde der oberen Reihe unserer Fig. 11 sich je eine halbrunde Falte rechts und links bilden, wobei auch der obere Mittelstreif ein wenig nach der Darmhöhle konkav wird. Hält nun aber das geförderte Flächenwachstum gerade in den beiden seitlichen, durch dunklere Tönung gekennzeichneten Falten in erhöhtem Mafse an, so werden die seitlichen Falten M, wie es das dritte Bild in der oberen Reihe veranschaulicht, sich

zwischen das äufsere und innere Keimblatt, beide von einander trennend, einschieben, wobei sie sich wegen der geringeren Nachgiebigkeit der äufseren Keimhaut nach rechts und links abwärts krümmen, ein Vorgang, dessen weiterer Verlauf aus den Figuren der unteren Reihe ohne weitere Erläuterung ersichtlich sein dürfte.

Das dritte der Bilder der oberen Reihe in Fig. 11 zeigt aber, wie gleichzeitig mit den beiden Seitenfalten M die mittlere Decke der Urdarmhöhle, soweit sie vom inneren Keimblatte gebildet wird, an Konkavität (bei Ch) zugenommen hat, es bildet sich also in der Mittellinie des künftigen Tieres eine dritte Längsfalte, die, wie es die unteren drei Bilder in Fig. 11 veranschaulichen, anfänglich eine nur ganz winzige Höhlung umschliefst, die endlich ganz schwindet, so dafs die Falte zu einer Vollröhre wird, welche in geradem Verlauf über den Rücken der Gastrula, vom Urmunde beginnend, in der Richtung des Primitivstreifens dessen Verlängerung folgend, sich hinzieht. Zugleich aber zeigen die Bilder der unteren Reihe in Fig. 11, wie die Faltenränder sich gegen die Mitte der Urdarmhöhle zusammendrängen, dann mit einander verschmelzen, um an der Verwachsungsnaht sich endlich von einander abzutrennen. Dabei ist noch zu beachten, dafs während dieser Faltungsprozesse die Dottermasse D der Gastrula beständig abnimmt; im letzten Bilde der Figur ist sie kaum noch andeutungsweise vorhanden.

Von grundlegender Bedeutung ist in dieser Umgestaltung, dafs durch die Faltenbildung des inneren Keimblattes J die Urdarmhöhle vorübergehend in vier gesonderte Höhlen, freilich von sehr ungleicher Weite zerlegt ist. Die engste Höhle ist in der oberseitigen Mittellinie (bei Ch) gebildet worden. Sie hat den animalen Pol in sich aufgenommen. Die weiteste Höhle liegt unmittelbar unter ihr. Sie ist in den drei unteren Bildern mit DH bezeichnet. Ihr gehört der vegetative Pol an. Den beiden über einander liegenden Höhlen, welche Rücken und Bauchseite eines tierischen Leibes repräsentieren, schliefsen sich, gekreuzt mit ihnen, zwei symmetrisch gleiche und morphologisch gleichwertige Höhlen an, welche wir auf der rechten Seite jedes Bildes mit L bezeichnet haben. Die Faltung führte also zur Bildung eines tierischen Leibes, welchem ein Oben und Unten, oder, wie man jetzt sagen kann, eine Rücken- und eine Bauchseite von verschiedener Ausgestaltung eigen ist: Der Leib ist „dorsiventral“ ausgestaltet. Zugleich aber ist derselbe Leib symmetrisch in eine rechte und eine linke Hälfte zerlegt.

Einfacher blieben bei diesem Faltungsprozesse des inneren Keim-

blattes die Änderungen an der äufseren Keimhaut. Sie erfährt über der Faltung Ch anfänglich eine seicbte Einbiegung in umgekehrtem Sinne, sie senkt sich auf der Rückenlinie der Gastrula scbwach ein, wie es die beiden Bilder in der oberen Reihe der Fig. 11 rechts andeuten. Diese Einfaltung wird später zu einer tieferen Rückenrinne (R in dem ersten Bilde der unteren Reihe der Fig. 11), deren Faltenränder sicb einander nähern (R in dem zweiten Bilde der unteren Reihe), um sich endlich zu schliefsen (drittes Bild der unteren Reihe).

Welche Bedeutung kommt nun den aus den Faltungsvorgängen wie sie Fig. 11 veranschaulicht, bervorgegangenen Hohlräumen bezw. den sie umhüllenden, aus den Keimhäuten stammenden Abschnürungs-

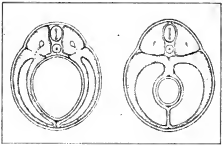


Fig. 12.

produkten zu? Die Antwort ergiebt sich mit spielender Leichtigkeit, sobald wir die beiden Bilder der Fig. 12 in unmittelbarem Anschlufs an die Bilder der Fig. 11 vergleichend betrachten. Das Bild links in Fig. 12 zeigt uns, dafs die Rückenfurche R der Fig. 11 sich von der äufseren Keimbaut gänzlich abgeschnürt bat. Unter dem abgeschnürten Hohlkörper liegt der aus der Falte Ch in Fig. 11 hervorgegangene Körper von kreisrundem Querscbnitt, dessen Höhle kaum noch angedeutet ist. Unter ihm liegt der die Höhle DH umschliefsende Hohlkörper, in welcbem keine Spur der Dottermasse mehr sicbtbar geblieben ist. Die aus den beiden seitlichen Falten der inneren Keimhaut hervorgegangenen Gebilde sind an Masse durcb Dickenzuwachs, besonders in dem oberen, dem Rücken des Tieres entsprechenden Teile allen anderen Gebilden überlegen. In der nach unten gewendeten Mittellinie, der Mittellinie des Bauches, begegnen sich beide Falten bis zu inniger Berührung.

Dazu kommt nun aber bereits wieder eine neue Abschnürung

durch Faltenbildung. Schon das letzte Bild in der unteren Reihe der Fig. 11 zeigt, dafs die Seitenhöhlen L nahe dem Rücken des ganzen Körpers eine Einschnürung, eine Verengung erfahren. Es wird durch dieselbe eine kleine Höhle in der Rückengegend, ein dorsaler Abschnitt, von einer langen, schmalen Seitenhöhle, einem ventralen Abschnitt, abgegrenzt. In Fig. 12 ist diese Abgrenzung vollendet. Das Bild rechts in dieser Figur zeigt sogar, dafs die rückenständigen Abschnitte durch Fleischigwerden ihrer Wandung ihre Höhlung ganz verlieren, während sich die Höhlen in den Bauchabschnitten so erweitern, dafs die zentrale Darmhöhle ganz umhüllt wird, wobei sich eine Verwachsung oberhalb und unterhalb der Zentralhöhle so vollzieht, dafs ihre dünne Wand wie von zwei in der Mitte des Leibes gerade ausgespannten Platten gehalten erscheint.

Man wird nun unschwer erkennen, dafs das rechte Bild in Fig. 12 den Querschnitt eines Wirbeltieres darstellt, wie er sich etwa ausnimmt, wenn man ein solches halbwegs zwischen Kopf und Schwanzende senkrecht zur Richtung seines Rückgrates durchschneidet. Die äufsere Hülle desselben, seine Haut, ist aus dem äufseren Keimblatte hervorgegangen. Was sich von ihm durch eine Faltenbildung längs der Rückenlinie nach innen hinein abgeschnürt hat, ist das Rückenmark, in dem wir nur noch einen schmalen Spalt als Rest seiner Höhle bemerken. Alle übrigen Körperteile entstammen dem inneren Keimblatte. Der aus ihm abgeschnürte Vollkörper unter dem Rückenmark ist die erste Anlage, der Stamm der verknöchernden Wirbelsäule, die sogenannte Rückensaite oder Chorda dorsalis. Die unter ihr liegende, verhältnismäfsig weite Höhle ist der Querschnitt des bleibenden Darmes, derjenige Abschnitt des Urdarmes, welcher allein die Aufgabe der Nahrungsaufnahme auf sich vererbt. Seine unmittelbar der inneren Keimhaut entstammende Wand ist die Darmhaut im engeren Sinne des Wortes. Die ganze übrige Leibesmasse, welche sich zwischen äufserer Körperhaut und den in der Mittelebene liegenden Organen (Rückenmark, Chorda und Darm) symmetrisch rechts und links durch Faltung eingeschaltet hat, bildet den Fleischkörper, die gesamte Muskulatur. Sie ist aus den beiden seitlichen Falten der inneren Keimhaut hervorgegangen. Am massigsten haben sich ihre dem Rücken angehörigen Abschnitte (die „dorsalen Segmente") entwickelt. Sie machen, will man sich an die volkstümliche Bezeichnung halten, die Oberschalenstücke zu beiden Seiten des Rückenmarkes und der knöchernen Wirbelsäule aus. Unter ihnen liegen die das Fleisch der Bauchhöhle bildenden Abschnitte des Fleischkörpers

(die „ventralen Segmente“), die Darmhöhle von rechts und links her umhüllend. Die ihnen eigenen Höhlen stellen die bleibende rechte und linke Leibeshöhle dar, welche man in der vorderen Hälfte des erwachsenen Tieres als Brusthöhle, in der vom hintersn Darmteile erfüllten Hälfte als Bauchhöhle zu unterscheiden pflegt. Man wird jetzt auch unschwer erkennen, dafs die der Haut unmittelbar anliegenden Fleischplatten der die Leibeshöhlen umschliefsenden Fleischkörper diejenigen Muskelmassen darstellen, welche später die verknöchernden Rippen in sich aufnehmen. Sie bilden, wenn wir uns wieder der Volkssprache bedienen, die dünnen Abschnitte der „Carbonat-“ oder „Cotelettstücke“ des tierischen Leibes, und sofern in ihnen die Bildung einer verknöchernden Rippe ausbleibt, die Bauchwand, die Dünnung. Die Gelehrten nennen sie die „parietalen Muskelplatten“ zum Unterschiede von den sich dem Darme anschmiegenden Darmmuskel- oder „visceralen“ Seitenplatten, deren plattenartig sich oberhalb und unterhalb der Darmhöhle ausziehende, durch Verwachsung zur Verschmelzung kommende Abschnitte als Gekröse (Mesenterium) bezeichnet werden.

Man wird in der bisherigen Darstellung, bei welcher wir uns einer halbschematischen Vorstellungsweise bedienten, einen wesentlichen Punkt der Erörterungen vermifst haben. Es fehlt uns die Vorstellung, wie sich aus der Gastrula die äufserlich sichtbare Leibesform entwickelt. Wir könnten nun eine Vorstellung in der Weise gewinnen, dafs wir uns etwa die Querschnittsbilder in Fig. 12 senkrecht zur Ebene der Zeichnung beliebig weit auf uns zukommend oder sich von uns entfernend verschoben denken. Dann entsteht ein Körper, welcher aus teils in einandergeschalteten, teils neben und übereinander liegenden Röhren gebildet ist. Die Haut wäre eine Röhre, welche alle übrigen Organe umspannt. In der Mittelebene des Körpers liegen übereinander die sehr enge Rückenmarksröhre, darunter die bis zum Verschwinden ihres Hohlraumes verengte Chordaröhre als Achsenorgan des ganzen Tieres. Unter ihr erstreckt sich der Darm als eine weite Hohlröhre. Zwischen der von der Haut gebildeten Aufsenröhre und den medianen Innenröhren liegen zwei Paare symmetrischer und morphologisch gleichwertiger Fleischröhren, nämlich die rechte und linke Oberschalenröhre mit verschwindender Höhlung und die rechte und linke Röhre der bleibenden Leibeshöhle.

So verlockend und im Ergebnis zutreffend diese Darstellung auch sein mag — in der That ist jedes Wirbeltier vom Kopf bis zum Schwanz hin nichts anderes als ein Röhrenkörper —

so würde es doch schwer sein, aus jener Vorstellung einen Abschlufs des Körpers am vorderen und hinteren Ende zu gewinnen. Um hier auf die richtige Fährte zu kommen, wollen wir von der Gastrula aus eine neue Darstellung beginnen, welche gänzlich darauf verzichtet, die inneren Vorgänge mit in den Kreis der Betrachtung zu ziehen.

Gehen wir von den Bildern der Fig. 7 unserer früheren Darstellung aus. Die Dotterkugel ist von der Keimhaut unter Bildung des Primitivstreifens vollständig umwachsen, auch wissen wir, dafs

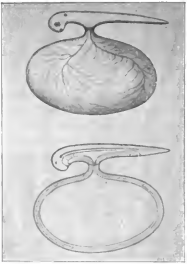


Fig. 13.

die Keimhaut eine doppelte geworden ist. Äufserlich sichtbar ist das äufsere Keimblatt, unter ihm liegt, für uns unsichtbar, das innere Keimblatt. Nun wollen wir uns in nicht gar zu geringer Entfernung von dem geschlossenen Primitivstreifen eine etwa der Umrifslinie eines Eies entsprechende Grenzlinie so auf der Keimhaut aufgezeichnet denken, dafs der Primitivstreifen in dem von der Grenzlinie umzogenen „Keimhofe“ die symmetrische Längsachse darstellt. Nun nehmen wir an, es erhebe sich der so umgrenzte Keimhof mitsamt dem Primitivstreifen auf der Dotterkugel allmählich so in die Höhe, wie etwa die „Raupe“ auf dem Helme eines bayrischen Chevaulegers-Helmes, so dafs der Primitivstreif gerade auf dem Rücken jener Erhebung, ihrem

unteren Ende mehr genähert, zu liegen käme, und nun schnüren wir durch eine immer tiefer werdende Falte, gleichsam durch die sich immer mehr und mehr zusammenziehende Grenzlinie jene raupenförmige Erhebung von der unter ihr liegenden Dotterkugel ab. Es würde dann der abgeschnürte Teil etwa einer Wurst entsprechen, welche weder vorn noch hinten einen Zipfel besitzt, sondern sie besäfse nur einen Zipfel etwa in der Mitte auf ihrer Unterseite. Unter ihm liegt dann die ganze Dotterkugel wie in einem häutigen Sacke, dem Dottersack, welcher scheinbar aus dem wurstförmigen Leibe heraushängt. Man erhält mit anderen Worten ein Bild, wie es Fig. 13 veranschaulicht. Man wird aus demselben unmittelbar erkennen, dafs das eine, gewöhnlich das dickere Ende des wurstförmigen Körpers dem Kopfe des abgeschnürten Keimes, das entgegengesetzte, gewöhnlich spitz auslaufende Ende dem Schwanze des werdenden Tieres entspricht. Die Abschnürungsstelle des Keimes gegen den Dottersack gehört dem Bauchteile des Tieres an, sie bildet den Nabel des Tieres, durch dessen enge Öffnung die Nahrungsdottermasse allmählich in den hohlen Leib, die Darmhöhle des Keimes übergeht, um hier einem Verdauungsprozesse unterworfen zu werden, durch welchen das Wachstum des abgeschnürten Keimes unterhalten wird. Von jetzt ab bildet die Dottermasse für den Keim nichts anderes als eine von der Mutter mit auf den Weg gegebene Mitgift, welche allmählich bis auf den letzten Rest verzehrt, aber nicht vergeudet wird. Ist die Mitgift verbraucht, was unter beständigem Schrumpfen des Dottersackes äufserlich sichtbar ist, so wächst der Keim zur Vollendung seiner Organe heran; ist der ganze Dottervorrat verzehrt, dann mufs der Keim als junges Lebewesen soweit fertig sein, um den Kampf ums Dasein selbst aufzunehmen, es mufs ihm dann von aufsen her neue Nahrung zugeführt werden. Um dies zu ermöglichen, fehlt aber dem Keime eine wichtige Einrichtung. So wie der Keim durch Abschnürung entstanden ist, fehlt ihm am Kopf und am Schwanzende eine Öffnung für seinen Darmkanal, er bedarf eines Mundes und einer Endöffnung des Darmes. Beide Öffnungen entstehen erst nachträglich durch ein Einreifsen der Körperwand und Vernarbung der Wundränder, ein Vorgang der hier keiner weiteren Erörterung bedarf. Es mag genügen, auf das untere Bild der Fig. 13 hinzuweisen, welches uns einen Keim mit seinem Dottersack im Längsschnitte darstellt. Im Rückenteile ist die Chorda dorsalis als eine dunkle Achsenlinie angedeutet. Der noch gerade gestreckte Darm ist beiderseits geöffnet, ohne dafs Mund und Endöffnung schon in Funktion träten. Der Nahrungsdotter kann aus dem

Dottersack unmittelbar durch den engen Nabelkanal in die Darmhöhle übertreten.[11]) Wir brauchten une nun blofs vorzuetellen, dafs der Dottersack allmählich kleiner wird, der Keim dafür entsprechend wächet, bie der Dottersack ganz versohwunden ist, dann wären wir über die ganze Körperbildung aufgeklärt. Wir brauchten nur nooh hinzuzufügen, dafe, wenn wir vor oder hinter der Nabelstelle den Keim quer vom Rücken nach der Bauchseite hin durchechneiden, man je nach dem verechiedenen Alter des Keimes die in Fig. 11 und 12 zur Daretellung gebrachten Bilder erhält, aus denen ja noch einmal, wie aue Fig. 13, hervorgehen würde, dafe gleich vom ersten Anfange an der wurstförmige Keimkörper eine doppelte Wandung hat, deren eine vom äufseren Keimblatt gebildet wird und die Haut dee Tieres erzeugt, während die zweite Wandung dem inneren Keimblatte entstammt und den Darm auskleidet.

So einfach, wie une aber jetzt die Bildung der äufeeren Leibesform erscheinen mag, stellt sich die Sache in Wirklichkeit nur bei den niederen Formen der Wirbeltiere, bei allen denen, welohe ihre Entwiokelung im Waseer als echwimmende Larven durchmachen. Die Fig. 13 stellt im besonderen die Form junger Fische dar, die ale Keime oder Embryonen[12]) längere Zeit mit ihrem Dottersacke an ihren Brutetätten echwimmend angetroffen werden. Schwankend iet nur die Ausbildung eines mehr oder minder langen Dottersacketieles, der bei jungen Haifischen fast epannenlang angetroffen wird, bei unseren Süfewaseerfischen aber oft so verkürzt iet, dafs der Dottersaok fast kaum abgeechnürt erscheint. Der Rest des Dottersackes wird dann ganz in die Bauchhöhle des Keimlinge eingezogen. Auch den nackten Amphibien (Fröechen und Salamandern) fehlt ein frei aus dem Leibe heraushängender Dottersack. Der Leibeequerschnitt entspricht also auch in der anderwärts als Nabelgegend entwickelten Region den Bildern der Fig. 11 und 12.

Bei allen höheren Wirbeltieren, den Reptilien (Schlangen, Eidechsen und Schildkröten), den Vögeln und Säugetieren treten jedoch unmittelbar während oder nach der Abschnürung des Keimes von dem Dottersacke Neubildungen auf, welche schlechthin als „Eihüllen" bezeichnet zu werden pflegen, obwohl es richtiger wäre, sie Keimhüllen zu nennen.

[11]) Ist der Nabel zwischen dem Keime und dem Dottersack langröhrig ausgezogen, so nennt man den Verbindungsstrang den Nabelstrang oder die Nabelschnur, auch wohl den Dotterstiel.

[12]) Mit dem Worte „Embryo" ist auch der Ausdruck „Foetus" gleichbedeutend.

Wir wollen ihre Entstehung, die in allen Fällen im wesentlichen die gleiche ist, am Keim der Vögel verfolgen, zunächst aber nicht unterlassen, die halbschematischen Darstellungen, welche unser Verständnis der Vorgänge, wie wir hoffen, wesentlich gefördert haben, durch naturgetreue Wiedergabe der Entwickelungsphasen des Hühnchens zu ergänzen.

Wir verliefsen in unsrer früheren Darstellung das bebrütete Hühnerei etwa in der 12. bis 15. Brütstunde. Auf der Dotterkugel hatte sich die Keimscheibe zu einem aus zwei Häuten bestehenden Flächengebilde entwickelt, in welchem der Primitivstreifen so verläuft, wie es Fig. 14 veranschaulicht. Um den Streifen bildet der dünne Teil der Keimscheibe, unter welchem sich wässerige Flüssigkeit ansammelt, den hellen Fruchthof, während die Randpartie der innersn Keimhaut die Erscheinung des dunklen Fruchthofes veranlafst. Jenseits desselben bildet die Randzone des äufseren Keimblattes den weifslich sich abhebenden Dotterhof (area vitellina).

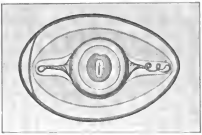


Fig. 14.

Wenige Stunden später, etwa um die 20. Brutstunde erkennt man am vorderen Ende des Primitivstreifens nahe dem Rande des hellen durchsichtigen Fruchthofes das Auftreten der zur Abschnürung dss Keimes führenden Falten (Fig. 15). In dem Bilde zur Rechten ist bereits die Umrifslinie des Keimes deutlich zu erkennen. Der Primitivstreifen zieht sich von den Seiten her eng zusammen und bildet sich später bis zur Unkenntlichkeit zurück. Vor ihm aber beginnt eine tiefe Falte von vorn nach hinten fortschreitend sich einzusenken (Fig. 16). Es ist die erste Anlage des Rückenmarks, zunächst noch kaum eine Halbröhre. In der 36. Stunde nach dem Beginn der Bebrütung fand Kölliker, wie in Fig. 17 veranschaulicht ist, die Rückenmarksfalte im vorderen Abschnitte schon zu einer Röhre umgestaltet, deren Ränder sich eben berührten. Eine feine Nadel würde man von hinten her in dieselbe hineinführen können, bis dieselbe am Vorderende wieder zum Vorschein käme. Bald aber tritt durch Verwachsung ein völliger Verschlufs ein, wobei aber der vordere Abschnitt blasig aufgetrieben wird. Diese vordere Endblase des Rücken-

marke iet die erste Andeutung des Gehirnes. Jetzt ist daseelbe ein mit wäseeriger Flüesigkeit erfüllter Hohlraum, eine Gehirnblase, die eich erst weiter rückwärts cylindrisch - kegelförmig verengt, um eich dann in die ungefähr gleich stark bleibende Röhre dee Rückenmarks fortzueetzen, wie es Fig. 18 zur Darstellung bringt. Sie entstammt einem Ei vom 2. Bebrütungstage.

Die Figuren 16, 17 und 18 lassen aber noch zwei wesentliche Fortschritte in der Entwickelung des Keimee erkennen. Zunächst zeigt Fig. 16, dafe der vordere Bogenrand des bisquitförmigen Umrisees dee

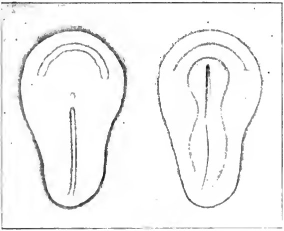


Fig. 15.

angelegten Keimes vor dem Anfangspunkte der Rückenmarksfurche sich ale „Kopffalte" nach unten umechlägt. Hier beginnt aleo jener Abschnürungeprozefs, welcher eich in Fig. 17 bereits nach rechts und links seitwärts fortgesetzt hat. In Fig. 18 ist die Faltenbildung an den beiden Seiten echon fast eoweit nach rückwärts fortgeeetzt, als eich das Rückenmark zur Röhre geschlossen hat. Es ist dadurch der Kopf und die ihm folgende Halsanlage des Keimes echon gegen die übrige Keimhaut abgeechnürt worden. Die Abechnürung eetzt sich dann zu beiden Seiten gegen das Schwanzende fort, an welchem eich echliefslich eine der Kopffalte entsprechende „Schwanzfalte" bildet, eo dafe dann auch der Schwanz frei über der Dotterkugel hervortritt.

Die zweite Erecheinung, welche an Fig. 16 zuerst sichtbar wird,

ist eine Quergliederung an der Stelle, an welcher die Rückenmarksfalten auslaufen. Man erkennt hier zwei seitliche, fast viereckige oder würfelförmige Gebilde. Karl Ernst von Baer war der Meinung, dafs diese Gebilde, von welchen wir in Fig. 17 schon drei Paare hinter einander beobachten, während in Fig. 18 bereits 7 Paare vorhanden sind, die ersten Andeutungen der Wirbelkörper des knöchernen Rückgrates seien. Man bezeichnete sie deshalb lange Zeit als Urwirbel. Spätere Forschungen haben jedoch gezeigt, dafs diese Würfelkörper durch quere Einschnürung der Rückenabschnitte der in Fig. 11 mit M bezeichneten seitlichen Falten sind. Es sind, um auch wieder die volkstümliche Ausdrucksweise zu brauchen, die Oberschalenwürfel, die beim Schlacht- und Jagdtier das begehrteste Rückenstück ausmachen. Man bezeichnet sie jetzt allgemein als die Ursegmente des Wirbeltierleibes, welcher durch sie in ähnlicher Weise gegliedert wird, wie der Leib eines Gliedertieres (eines Wurmes, Krebses oder Insekts). Fig. 19 zeigt uns alle bisher erörterten Erscheinungen in fortgeschrittener Ausbildung vom Ende des zweiten Brüttages. Der Kopf mit der Hirnblase ist bis zum Halse hin von der Keimhaut abgeschnürt, das Rückenmark läuft als geschlossene Röhre bis fast an das Schwanzende des Tieres. Neben ihm sind schon 14 Paare von Ursegmenten abgegrenzt. Diesen werden sich nach dem Schwanzende zu noch weitere Paare in der Folgezeit anreihen.

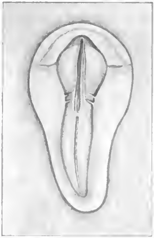


Fig. 16.

Bei fast vollendeter Abschnürung des Keimes von dem Dottersacke erscheint uns der Keim um die Mitte des dritten Brüttages als ein wurstförmiger, am Vorderende zu einer mächtigen Kopfblase erweiterter Körper, welcher sich gegen den noch stark verengten Rumpfteil durch eine fast rechtwinklige Krümmung absetzt. Am Ende des dritten Tages würde der Keim im Prinzip ganz dem Bilde des in Fig. 13 dargestellten Fisches entsprechen. Nur wäre der Dottersack unverhältnismäfsig gröfser zu denken, der Schwanz entsprechend zu

verkürzen und der ganze Keim, der Rundung der Dotterkugel folgend, leicht zu krümmen, so dafs er sich mit seiner Bauchseite der Dotterkugel anschmiegt.

Den Flächenbildern des Hühnerkeimes müssen wir nun noch die Querschnittsbilder folgen lassen.

Schneiden wir eine Keimscheibe, deren Fruchthof etwa dem linken Bilde in Fig. 15 entspricht, quer dicht vor dem Vorderende des Primitivstreifens durch, so würde uns die Schnittfläche nicht zwei, wie seinerzeit Fig. 10, sondern drei übereinanderliegende Keimblätter zeigen, das äufsere Keimblatt mit seichter Falte in seiner Mitte, ein mittleres Keimblatt von beträchtlicher Dicke und darunter das äufserst zarte innere Keimblatt (Fig. 20, oberes Bild).

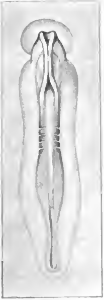


Fig. 17.

Die Frage nach der Herkunft des mittleren Keimblattes war lange Zeit hindurch eine der meist umstrittenen. Die einen behaupteten, es spalte sich vom äufseren Keimblatte ab, die anderen meinten, es sei ein Spaltungsprodukt des inneren Keimblattes. Erst die vergleichenden Untersuchungen, besonders die Beobachtungen am Ei des Salamanders und gewisser Fische, haben die Aufklärung gebracht. Das mittlere Keimblatt entsteht, wie es die Bilder der Fig. 11 veranschaulichen, durch die seitlichen Ausfaltungen M des inneren Keimblattes, welche die zunächst noch ganz engen Leibeshöhlen L umschliefsen. Ist nun, wie es beim Hühnerei der Fall ist, die Dottermasse so reichlich vorhanden, dafs die Urdarmhöhle der Gastrula fast ganz verschwinden mufs und auch die Falten M in Fig. 11 so gedrückt werden, dafs der von ihnen umschlossene Hohlraum L ganz verschwindet, so entsteht ein scheinbar einheitliches drittes Keimblatt, welches sich nach beiden Seiten (nach rechts und links) zwischen das äufsere und innere einschiebt. Diesem Zustande entspricht das obere Bild der Fig. 20. Die drei unter ihm gezeichneten Bilder wird man leicht mit den Bildern der Fig. 11 in Einklang bringen können. Im zweiten Bilde der Fig. 20 ist der Querschnitt der Chorda als kreisrundes Gebilde sichtbar, rechts und links neben ihr sind jene mehrfach erwähnten Oberschalenstücke, die Ur-

segmente als dicke Fleischwürfel erkennbar. Noch deutlicher ist ihre Abgrenzung von den Seitenplatten des mittleren Keimblattes in den beiden folgenden Bildern der Fig. 20. Die Einschnürung, durch welche jene Abgrenzung bewirkt wird, ist in den Flächenbildern Fig. 15 bis 17 derjenige Umrifs des Keimes, in welchem die Abgliederung der Ursegmente erfolgte. Das unterste Bild der Fig. 20 läfst nun auch die Spaltung der seitlichen Partien des mittleren Keimblattes, das heifst das Auftreten der bleibenden Leibeshöhle erkennen, eine Spaltung,

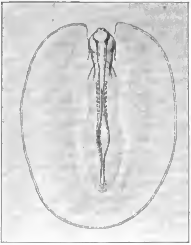


Fig. 18.

welche in den nächst oberen Bildern schon durch einzelne Spaltrisse angedeutet ist.

Besonders wichtig ist aber in Fig. 20 die fortschreitende Bildung des Rückenmarkes: Im ersten Bilde eine einfache Rinne („Medullarrinne" der Autoren), im zweiten dieselbe zur oberseits noch offenen Röhre vertieft, deren Faltenränder im dritten Bilde sich eben an einander gelegt haben. Im letzten Bilde ist die Verwachsung der Markröhre vollendet und eine Lostrennung von der äufseren Körperhaut eingetreten.

Es ist diese Erscheinung ein Punkt von fundamentalster Bedeutung, denn sie verbürgt uns die Thatsache, dafs das Gehirn und das ihm entwickelungsgeschichtlich und morphologisch gleichartige Rücken-

mark Hoblröhren sind, welche der äufseren Haut entstammen. **Der Sitz des Geistes und aller Empfindungen, alle Sinnesorgane, sind Gebilde der Haut.**

Diese Erkenntnis vorliert an Überrasohung, wenn man sicb dessen erinnert, dafs bei allen Tieren, auch bei den allerniedersten Formen, die Haut in erster Linie der Sitz der Empfindungen ist. Fehlen Nerven, Hirn, Augen, Ohren und besondere Tastwerkzeuge, die Haut empfindet und ist allein reizempfänglich. Bei den höcbst entwickelten Tieren

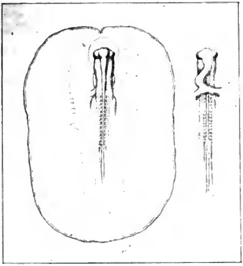


Fig. 19.

ist nun der Empfindungsapparat in einen allgemeinen Teil, der als Haut mit der Aufsenwelt in unmittelbarer Berührung und Weobselwirkung stebt, und einen besonderen Teil, dem die besonderen, feineren Fähigkeiten zugewiesen sind, geschieden. Der edlere Teil des Empfindungsapparates bedurfte natürlicb eines besonderen Schutzes, er ist deshalb auf dem Wege der Faltung und Abschnürung in das innere des Körpers binein verlegt worden. Seiner Bedeutung entspricht es denn auch, dafs er fast unmittelbar nach der ersten Abgrenzung des zur Keimbildung verwerteten Stückes der Keimhaut an dieser als eines der ersten Organe in die Erscheinung tritt.

Endlich mag noch darauf hingewiesen werden, dafs in dem mittleren Keimblatte und zwar in der dem inneren Keimblatte anliegenden Darmmuskelplatte inselartige Hohlräume auftreten, aus deren Vereinigung schon im Laufe des zweiten Brüttages Kanälchen entstehen, deren wässerige Inhaltsmasse bald rötliche Kügelchen mit sich führt. Es wird dadurch die Bildung eines Blutadernetzes eingeleitet, das sich

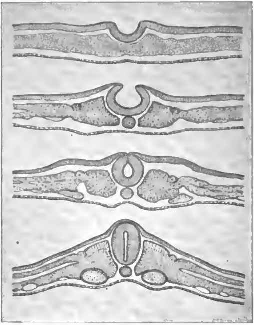


Fig. 20.

aufserhalb des embryonalen Leibes im dunklen Fruchthofe am reichlichsten entfaltet, der nun zum Aderhof wird. In Fig. 20 treten besonders zwei Aderquerschnitte deutlich auf, die bei fortschreitender Entwickelung sich mehr und mehr der Körpermitte nähern. Es sind die beiden vom Herzen ausgehenden grofsen Schlagadern, auf welche jedoch an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll.

Verschafft man sich nun Querschnittsbilder von Keimen, die etwa dem mittleren Teile der Fig. 19, also Keimen vom 3. Brüttage ent-

sprechen, so erhält man Bilder, wie sie unsere Fig. 21 veranschaulicht. Man erkennt hier unmittelbar, dafs die Rückenhälfte des jungen Tieres bereits ziemlich fertig gebildet vorliegt, es bedarf jetzt nur der fortschreitenden Faltenbildung, die beiderseits im oberen Bilde beginnt, um dadurch den Verschlufs des sich emporhebenden Keimes an seiner Bauchseite zu bewirken. In dem unteren Bilde der Fig. 21 entspricht der Keim etwa einem umgekehrten, kielaufwärts treibenden Boote. Die Haut des Rückens, die Querschnitte des Rückenmarkskanales, der Chorda, der schon Muskulaturstreifung zeigenden Oberschalenstücke

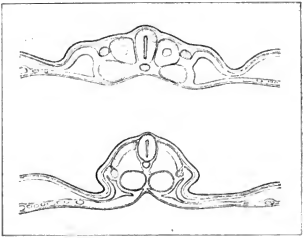


Fig. 21.

und der beiden grofsen Körperschlagadern treten deutlich hervor, während man den Darmkanal noch ganz vermifst. Seine dem Rücken des Keimes innen angeheftete Wand erscheint als eine noch seichte Furche, als eine ihre konvexe Seite nach unten wendende Falte des inneren Keimblattes, welches unmittelbar dem Nahrung spendenden Dotter aufliegt.

Es ist vielleicht für die Anschauung nicht ohne Vorteil, wenn wir an dieser Stelle noch einen Vergleich anführen. Unserem Leser wird der Anblick eines geschlachteten, an der Bauchseite geöffneten und ausgebreitet ausgehängten Lämmchens nicht fremd sein. Wollten wir dem Tiere seine Körpergestalt wiedergeben, so müfsten wir die seitlich ausgebreiteten Bauchwände wieder zusammenneigen und in der

mittleren Körperlinie durch eine Naht vereinigen. Das Hühnchen, welches im unteren Bilde der Fig. 21 quer geschnitten ist, entspricht in gewissem Grade jenem geöffneten Lämmchen. Wollten wir es auf seiner Bauchseite schliefsen, so müfsten wir die seitlichen flachen Ausbreitungen der Keimblätter nach abwärts zu einer Röhre zusammenneigen, oder — und so geschieht es in Wirklichkeit, wir müfsten das Zusammenneigen durch tieferes Einziehen der Falten zu beiden Seiten des Körpers und namentlich vom Kopfende her so weit bewirken, dafs die Darmrinne zu einem geschlossenen Rohre wird.

Ist nun am Ende des dritten Brüttages die Abschnürung des Keimes vom Dottersack beendet, so tritt eine neue Phase der Entwickelung ein, die Bildung der schützenden Hüllen. Die Wichtigkeit dieses Vorganges erheischt es, dafs wir diesem Gegenstande ein besonderes Kapitel widmen.

(Fortsetzung folgt).

Mittheilungen

Die Expeditionen zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis am 9. August 1896.

Der Lauf der in den Morgenstunden des 9. August über den Norden Europas durch Sibirien schreitenden Sonnenfinsternis bietet den europäischen Sternwarten Gelegenheit, Expeditionen zur Beobachtung derselben mit verhältnismäfsig wenig hohen Kosten absenden zu können. Im nördlichen Norwegen und in Finnland liegen nämlich verschiedene Orte, wo die Verfinsterung total sein wird, und jene Stationen können auf dem Wasserwege leicht erreicht werden. Allerdings haben diese Orte den Nachteil, dafs die Dauer der Totalitätsverfinsterung dort nur etwa $1^1/_2$ Minuten beträgt, und aufserdem die Sonne noch sehr nahe dem Horizonte steht; günstiger werden die Verhältnisse erst im Osten, in Sibirien, wo die Dauer der Totalität bis auf mehr als $2^3/_4$ Minuten steigt und die ganze Finsternis schon in den Vormittag fällt. Indessen werden die norwegisch-finnischen Stationen ihrer leichten Erreichbarkeit wegen von mehreren Observatorien und jedenfalls von einer beträchtlichen Zahl von astronomischen Amateuren zur Beobachtung benützt werden. Im zentralen und westlichen Europa ist die Finsternis nicht oder doch schlecht beobachtbar, da das Maximum der Verfinsterung daselbst entweder schon vor Sonnenaufgang oder doch um die Zeit desselben fällt und nur partiell ist. Für das östliche Deutschland gestalten sich die Sichtbarkeitsverhältnisse bereits erheblich besser, für Königsberg beispielsweise wird das Maximum der Verfinsterung schon $8^1/_2$ Zoll. Die Kurve der Zentralität der Finsternis nimmt ihren Anfang westlich der Küste Norwegens unter 63° n. Br., schreitet in einem durch das nördliche Norwegen ziehenden Bogen über den am Ostende von Finnmarken gelegenen Varanger-Fjord und erreicht Novaja-Semblja südlich der Matjuschin-Schar. Dann geht die Kurve über die Jenisei-Mündung in der Richtung des Jeseiskoje-Sees durch das Jakutenland, übersetzt den Wiluiflufs, streift nahe der Stadt Olekminsk und schneidet unter 150° Länge v. Ferro den Ud. Weiterhin erreicht sie unter 50° n. Br. den Amur-

flufs, worauf sie durch die Laperouse-Strafse Japan berührt und den nördlichen Teil der Insel Jesso durchquert. Die Expeditionen müssen selbstverständlich das Bestreben haben, betreffs der Wahl der Beobachtungsstationen sich dieser Kurve möglichst zu nähern. Rufsland wird demgemäfs folgende Orte mit 7 Expeditionen besetzen: nach Enontekis in Finnland gehen die erste Expedition der russischen astronomischen Gesellschaft und die Professoren v. Glasenapp und Wuchikowsky, nach Nowaja-Semblja die von der kaiserlichen Akademie in Petersburg und die von der Kasaner naturforschenden Gesellschaft ausgerüsteten Expeditionen; die zweite Expedition der russischen astronomischen Gesellschaft besetzt die Obi-Mündung; die dritte Expedition derselben Gesellschaft, sowie die meteorologische des Jakutsk-Observatoriums begeben sich nach Olekminsk am Lenaflusse; das Observatorium Pulkowa hat zur Beobachtung eine Station am Amur gewählt. Die Engländer werden hauptsächlich am Varanger-Fjord sich installieren; daselbst werden zwei Expeditionen, die von der British Astronomical Association, sowie eine von den vereinigten Komités der Royal Society und der Roy. astron. Society ausgerüetete, auch zahlreiche englische Amateure ihre Instrumente aufstellen. Die zweite von den vereinigten englischen Komités zusammengebrachte Expedition begiebt sich an die Ostküste von Jesso, woselbst sich wahrscheinlich auch eine japanische astronomische Expedition einfinden dürfte. Desgleichen wird Jesso auch von der amerikanischen, unter Professor Schaeberle stehenden Expedition besucht. Die Sonnenfinsternis erregt, wie man sieht, in Rufsland, England und Amerika das lebhaftesste Interesse der wissenschaftlichen Kreise; namentlich werden in den englischen Fachzeitschriften die Fragen des Beobachtungsprogramms seit geraumer Zeit schon eingehend besprochen. Wir wollen auf die von den Expeditionen beabsichtigten Arbeiten, die übrigens zum Teil neue und sehr interessante Absichten verfolgen, nicht näher eingehen. Wir hoffen vielmehr auf die faktisch erzielten Erfolge selbst zurückzukommen, wenn nämlich der unberechenbare Hauptfaktor zur Erlangung von Erfolgen, der Wetterzustand, der Beobachtung günstig gewesen sein wird.

Antipoden-Karte.

Die diesem Hefte beigegebene (s. Titelblatt) von Dr. K. Peucker entworfene Karte der Antipoden, Periöken und Antöken reproduzieren

wir nach der „deutechen Rundechau für Geographie und Statietik“, da sie vermutlich auch unseren Leeern eine willkommene Ergänzung des Atlas eein wird. Die Karten erklären eich fast von selbst, indem in sinnreicher Weiee durch Überdruck zweier entsprechend verdrehter Weltkarten in verechiedenen Farben diejenigen Gebiete der Erde sich unmittelbar zu erkennen geben, für welche „Gegenfüfsler“ in irgend einem Sinne überhaupt exietieren. Während die erste Karte die antipodiechen Gebiete im engeren Sinne veranechaulicht, giebt uns die zweite Karte über die „Periöken“ Aufschlufs, d. h. über diejenigen Erdbewohner, die bei gleicher geopraphischer Breite auf entgegengesetzten Meridianen leben, also entgegengesetzte Tageszeiten haben. Die dritte Karte läfst die „antökischen“ Gegenden der Erde feststellen, welche bei gleicher Länge (und Tageszeit) entgegengesetzte Breite und demnach entgegengesetzte Jahreszeiten haben.

Die auffallendete Beobachtung bei Betrachtung dieser Karten ist die, dafs wegen der überwiegenden Wasserbedeckung des Erdballs nur wenigen Sterblichen wirkliche Antipoden beechieden sind. Genauere Berechnungen von Dr. Peucker haben ergeben, dafs das antigäische Gebiet (Gegenland) nur etwa ein Zwanzigstel der gesamten Landoberfläche ausmacht und dafs etwa der fünfte Teil aller Erdbewohner von „Gegenfüfelern“ zu reden berechtigt ist. Der verhältnismäfsig beträchtliche Unterschied dieser beiden Bruchteile rührt daher, dafe das eo überaus dicht bevölkerte China das wesentlichste Kontingent zu dem „Gegenlande“ stellt. F. Kbr.

Die Entstehung der Taifune.

Die Frege, in welcher Weise die grofsen barometriechen Depressionen und in ihnen wieder die kleineren Wirbel zu stande kommen, bildet noch immer ein heliebtes Streitobjekt. Im grofsen und ganzen iet man zur Klarheit gekommen. Ee scheint unstreitig, dafs der in den höheren Schichten sich abspielende Luftaustausch zwischen Äquator und Polen den ersten Anstofs giebt zu Unetetigkeiten der Luftdruckverteilung, dafs aber dann die topographischen und meteorologiechen Verhältnisee an der Erdoberfläche einen hervorragenden Anteil an der weiteren Ausbildung der Depression haben. Die Bedeutung dieses zweiten Faktors dürfte nach einem Vortrage, welchen Herr Knipping auf der letzten Naturforscher-Versammlung

in Lübeck gehalten hat,[1]) noch höher anzuschlagen sein, als dies bisher meist gethan ist.

Die Mitteilung betrifft die Entwicklungsgeschichte der Cyklonen in subtropischen Breiten nach Beobachtungen auf den Liukiu-Inseln (zwischen Formosa und Japan). Die hier auftretenden Taifune gehören zu den heftigsten und darum gefürchtetsten ihrer Art. Eine 1890 von der japanischen Regierung errichtete meteorologische Station auf diesen Inseln liefs daher von vornherein recht interessante Ergebnisse erwarten. Zunächst konnte man aus der Art der Luftdruckänderungen feststellen, dafs die meisten dieser Stürme nicht die Liukiu-Inseln passieren, sondern erst hier entstanden sind. Dafs es sich wirklich um Neubildungen handelt, folgt ferner aus der allgemeinen Witterungsverteilung und aus der geringen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Taifuns — in einem Falle z. B. nur $1\frac{1}{2}$fache Fufsgängergeschwindigkeit (1.8 m p. s.) — auf den betreffenden Inseln. Der Verlauf ist dabei folgender: Das Barometer fällt langsam — etwa sechs Tage lang — über einem grofsen Gebiete, die Luftbewegung wird allmählich stärker, bis auf eng begrenztem Raum ein Taifun entsteht; das Barometer steigt dann sehr rasch, und es folgt nun meist noch ein zweiter Taifun. Über den japanischen Inseln selbst wird ein solcher Verlauf im allgemeinen nicht beobachtet. Die Verschiedenheit erklärt sich nach Herrn Knipping dadurch, dafs die gröfseren zusammenhängenden und gebirgigen Landmassen Südjapans die spiralige Luftbewegung verhindern, während umgekehrt kleine ringsum vom Meere umgebene Inseln sie begünstigen. Denn im Sommer wird sich über den Inseln infolge der ungleichen Strahlungswirkung auf Wasser und Land ein kräftiger aufsteigender Luftstrom leicht entwickeln, der dann innerhalb der Depression den Kern für den sich bildenden Taifun abgiebt. Einen ähnlichen Einflufs scheinen die Andamanen im Bengalischen Meerbusen, die Samoa-Inseln und die Neu-Hebriden in der Südsee auszuüben. In derselben Weise hat sich vermutlich der verheerende Samoa-Orkan vom 15. bis 23. März 1889 entwickelt, durch welchen u. a. die deutsche Kriegsflotte so erhebliche Verluste erlitt.

Die praktische Bedeutung des hier skizzierten Fortschrittes in der Erkenntnis subtropischer Cyklonen leuchtet ohne weiteres ein. Da die Erscheinung — nach dem Gange des Barometers zu schliefsen — ungefähr eine Woche zu ihrer Entwicklung braucht, so wird man

[1]) Annalen der Hydrographie, XXIII. 1895, S. 340.

bei Erweiterung des meteorologischen Stationsnetzes und eingehendem Studium der Beobachtungen das Herannahen eines Taifuns in vielen Fällen rechtzeitig vorhersagen können.

Auch der zur Verbesserung der europäischen Wetterprognosen wiederholt gemachte Vorschlag, eine telegraphische Verbindung der Azoren und Bermuden mit dem Festlande herzustellen, dürfte nach obigem jetzt noch wichtiger erscheinen als früher. Sg.

Die neue Yerkes-Sternwarte bei Chicago.

Wieder ist es die Freigebigkeit eines reichen Amerikaners, die ein grofses, der astronomischen Wissenschaft geweihtes Institut hat erstehen lassen. In diesem Sommer soll das Yerkes-Observatorium eröffnet werden, das im Besitze eines 40-zölligen Refraktors dann das gröfste Fernrohr der Welt aufweisen wird, — solange bis ein gröfseres, z. B. das für Pittsbourg, die Nebenbuhlerin von Chicago, projektierte 50-zöllige Instrument fertig sein wird. Über die Vorgeschichte dieser Sternwarte sind die Leser von „Himmel und Erde" bereits orientiert. Nach neueren Nachrichten sind die Linsen des Refraktors bereits im September vorigen Jahres in der berühmten optischen Werkstatt von Alvan H. Clark in Boston fertiggestellt gewesen. Eine genaue wissenschaftliche Prüfung derselben ist kurz darauf seitens des Herrn Prof. Hale aus Chicago in Gemeinschaft mit Herrn James Keeler vom Lick-Observatorium erfolgt. Die Prüfung hat im allgemeinen sehr günstige Resultate ergeben. Besonders zeigte sich die Lichtstärke der beiden Objektivlinsen gröfser als die der Linsen des Lick-Teleskops, sodafs nach der definitiven Montierung von diesem Instrument manche neue Resultate zu erwarten sein werden. Es traten allerdings gewisse Biegungserscheinungen auf, die einen Hinweis darauf enthalten, dafs man mit solchen Dimensionen bei der bis jetzt üblichen Fernrohrkonstruktion wohl an der Grenze des Möglichen, oder wenigstens des Zweckmäfsigen angelangt ist. Die künftigen Beobachtungen mit diesem Riesenteleskop werden ja darüber weiteren Aufschlufs geben. Auch darf man besonders nach dieser Richtung auf die Erfahrungen gespannt sein, die man mit dem in Aussicht genommenen und wahrscheinlich auch schon in Arbeit befindlichen 50Zöller für Pittsbourg machen wird.

Der Bau selbst, sowie der konstruktive Teil der Einrichtung wird von der Firma Warner und Swasey ausgeführt, welche die Fertig-

stellung für diesen Sommer versprochen hat. Die Hauptachse des Hauptgebäudes soll die enorme Länge von über 100 m haben. Der Durchmesser des Kuppelraumes, in dem der 40 Zöller Aufstellung findet, beträgt etwa 30 m; ist doch auch das Instrument selbst mit seinen Zubehörstücken fast 24 m lang. Der Fufsboden des Kuppelraums wird in einer Ausdehnung von 24 m Durchmesser mittelst elektrischer Kraft um fast 7 m gehoben, bezw. gesenkt werden können.

An gröfseren Instrumenten erhält die Sternwarte aufser dem Riesenfernrohr noch einen 12 zölligen Refraktor, einen 24 zölligen Reflektor, ein Durchgangsinstrument und einen Meridiankreis mit weiter Öffnung. Die Leitung des Instituts, das in organischem Zusammenhang mit der allerdings 15 deutsche Meilen entfernten Universität Chicago steht, liegt in den Händen des bekannten Prof. Hale. Ferner werden dort die Herren Prof. S. W. Burnham und E. E. Barnard, Wadsworth, See und Dr. Laves thätig sein. Besonderes Augenmerk ist auf die Möglichkeit gelegt, Reparaturen und Änderungen der Instrumente ausführen zu können, zu welchem Zwecke ein Optiker und zwei Mechaniker den Astronomen beigegeben sind.

Die Lage der neuen Sternwarte wird als sehr günstig bezeichnet, 1 Meile von der Stadt Williams-Bay nahe dem Geneva-See in Wisconsin. Die Gegend ist ländlich, rauch- und staubfrei, besonders aber dadurch ausgezeichnet, dafs sie von Erschütterungen durch Eisenbahnen völlig frei ist. Hoffen wir, dafs wir bald von bedeutsamen Entdeckungen und Forschungen berichten können, die unter diesen Umständen vom Yerkes-Observatorium zu erwarten sind. S.

Einflufs verschiedener Strahlengattungen auf das Pflanzenleben.

Über die Wirkung, welche die verschiedenen im Sonnenlicht enthaltenen Farben einzeln auf das Pflanzenwachstum ausüben, hat jüngst Camille Flammarion auf seinem Observatorium in Juvisy interessante Versuche angestellt, die in den Rahmen einer gröfseren, bis jetzt noch nicht abgeschlossenen, aktinometrischen Beobachtungsreihe hineingehören. In drei mit möglichst einfarbigem Lichte erhellte Gewächshäuschen pflanzte der genannte Forscher gleichzeitig völlig gleich entwickelte Sinnpflanzen von etwa 3 cm Höhe und überliefs dieselben bei im übrigen völlig gleichartiger Pflege der Einwirkung der durch bunte Glasscheiben aus dem Sonnenlicht ausgesonderten Strahlengattungen, während in einem vierten Häuschen einige Pflanzen

zum Vergleich dem weifsen Lichte ausgesetzt blieben. Nach etwa elf Wochen hatten die Pflänzchen sich in sehr verschiedenem Mafse weiterentwickelt. Während die dem roten Licht exponierten Pflanzen eine Höhe von 42 cm erreicht hatten, waren die im grünen Licht vegetierenden nur 15 cm grofs geworden, dagegen hatten die bei blauer Bestrahlung gezogenen Exemplare überhaupt kein weiteres Wachstum mehr aufzuweisen. Merkwürdigerweise waren sogar die im Tageslicht gebliebenen Vergleichspflanzen nur 10 cm hoch geworden und hatten auch nicht geblüht, während die rot belichteten Geschwister reichliche Blüten entfaltet und auch eine aufserordentliche Steigerung der Empfindlichkeit erfahren hatten, sodafs ein einfacher Hauch die Blättchen zur Zusammenfaltung brachte. Auch war die Farbe der Blätter eine verschiedene, indem die rot belichteten Exemplare die hellsten Blätter, die blau belichteten die dunkelsten aufwiesen. — Flammarions Versuchsergebnisse differieren ziemlich stark von denjenigen anderer Experimentatoren, wie Pfeffer, Sachs u. a. Am ähnlichsten waren noch die Resultate, die Paul Bert im Warmhaus erzielt hatte, doch waren bei letzterem die dem Tageslicht exponierten Pflanzen am besten gediehen. Sollten erneute Experimente von anderer Seite die Ergebnisse der sehr sorgfältigen Versuche Flammarions bestätigen, dann müfste angenommen werden, dafs die brechbareren Teile des Spektrums direkt eine die Lebensthätigkeit der Pflanzen hemmende Wirkung ausüben, sodafs eben das volle Tageslicht, welchem auch blaue und violette Strahlen beigemischt sind, dem Pflanzenleben weniger zuträglich wäre, als die alleinige Wirkung der wärmeren Teile des Spektrums. F. Kbr.

Bibliographisches

Carl Goetze: Die Sonne ist bewohnt, ein Einblick in die Zustände im Universum. Berlin W., Lutherstr. 2. Preis 2 M.

Die Abteilnng „Kuriosa“ in der astronomischen Litteratur ist wieder um ein Buch bereichert worden, das sich würdig so manchen anderen, wie „Die Erde steht still“ und ähnlichen anreiht. Der Verfasser geht, wie das oft in solchen Fällen geschieht, von einer in der Praxis häufig zu beobachtenden Er-

scheinung aus und überträgt diese mit einem kühnen Sprung auf ganz andere Verhältnisse, um auf dieser Grundlage in der allerwillkürlichsten Weise, ohne jeden logischen Zusammenhang und ohne allzu ängstliche Rücksichtnahme, selbst auf die am sichersten fundierten Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung ein Weltgebäude aufzubauen. Wie ein Märchen mutet uns manches in dem Buche an, sodafs es einem schwer wird, an den Ernst des Verfassers zu glauben. Herr Goetze stellt sich in seiner eminenten Phantasie mit Leichtigkeit rotierende flüssige oder gasförmige Hohlkugeln vor. Die Himmelskörper sind nach ihm solche Hohlkugeln mit Kohlenrippen, aus denen später Granit wird oder schon geworden ist. Die schwierigsten Fragen werden mit einem Worte ohne jede Argumentation abgethan, etwa in folgender Weise: „Das Wasser entsteht durch die grofse Hitze der glühend flüssigen Masse, welche das Wasserstoffgas, welches an und für sich trocken ist, zu Wasserdampf verarbeitete“ und an einer anderen Stelle: „Uranus und Neptun sind flammende Sonnen, der Jupiter strahlt zunächst noch das reflektierte Licht unserer Sonne, doch im Laufe der Zeit wird er selbst eine flammende Sonne“. Nach dem Warum? und Wie? fragt Herr Goetze nicht weiter. Es ist eben so, wie er es sagt. Und warum sollte denn auch nicht unsere Sonne ein ganz gemütlicher Aufenthalt für Mensch und Tier sein, warum sollte nicht dort die üppigste Vegetation neben ungeheuren brennenden Petroleummeeren gedeihen können? Doch ich habe gewifs Herrn Goetze nicht verstanden, sicherlich, — ich bescheide mich, will aber doch dem Leser durch Wiedergabe eines besonders interessanten Satzes die Möglichkeit geben, sich seinerseits in den Gedankengang des Autors hineinzufinden. Auf S. 65 des Buches heifst es:

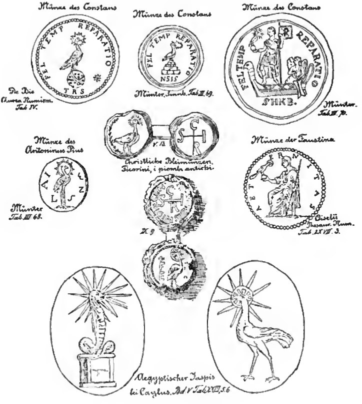
„Das Öl wird den Pflanzen und Bäumen zugetrieben, die Elektrizität stöfst es hinein, ebenso in die Gesteine. Das Wasser drängt das Öl in die Meere ebenso gut hinein, namentlich in den Äquatorgegenden, auch vornehmlich in das Mittelländische Meer. Dort sind die Brutstätten der Milliarden von Fischen, die teils als Sardinen das im Wasser befindliche Öl (Ölsardinen! D. Red.) aufnehmen; in grofsen Strömen ziehen sie dann mit dem Golfstrom in die nördlichen und südlichen Meere, werden als Fetthäringe (!) eine gute Speise der Menschen, der Robben und Walfische. Von den Robben nehmen es die Eskimos auf und nähren sich damit so gut, wie wir mit unserer Milch und Butter, die auch nur eine andere Form des Öles ist, das aus der Erde dringt, in Gras und Heu übergegangen, dem Rindvieh und Ochsen zum Ansetzen Fett zukommen läfst.“

Im Gegensatz zu den Gelehrten, die unter Berücksichtigung aller einschlägigen Verhältnisse die oder jene Erscheinung nur zu erklären versuchen, erzählt uns der Laie Herr Goetze, der allerdings wahrscheinlich nicht in erst durch mühseliges Studium gewonnenen Kenntnissen befangen ist, die wunderlichsten Geschichten ohne jede Beweisführung, schlägt sich dann an die Brust und ruft stolz: „Ich habe den Weg gezeigt, aus diesem giebt es kein Entrinnen“. Dr. Stadthagen.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.

Phönix-Münzen,

zusammengestellt von E. Mayer.



Himmel und Erde.

Schwarzes Licht und Röntgensche Strahlen.

Von Dr. P. Spies in Berlin.

Das Interesse, welches der Röntgenschen Entdeckung entgegengebracht wird, beschränkt sich glücklicherweise nicht auf die eigentümlichen photographischen Resultate, welche man mit Hülfe der neuen Strahlen zu erzielen vermag, sondern es hat eine grofse Zahl von Veröffentlichungen hervorgerufen, in denen die Physiker den Gegenstand von den verschiedensten Punkten aus angreifen. Hier ist in erster Linie die zweite Mitteilung von Röntgen selbst zu nennen[1]), auf die wir aber erst an etwas späterer Stelle eingehen wollen. Weniger glücklich sind im grofsen und ganzen die Versuche geblieben, verwandte Gegenstände, also dunkle Strahlen im weitesten Umfange des Wortes, mit in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen, ein Vorgehen, zu welchem die Röntgensche Entdeckung in den meisten Fällen nur einen äufserlichen Anlafs bot. Dahin gehören nicht allein die Versuche der Spiritisten, sich als Vorläufer Röntgens hinzustellen, eine Dreistigkeit, welche einer unserer Mitarbeiter im vorletzten Heft gebührend gekennzeichnet hat — allerdings nicht in der richtigen Form, insofern als er sich mit ihnen viel zu lange aufhält —, sondern dahin gehört auch der Anspruch aller derjenigen Leute, die in früheren Jahren über das „unsichtbare chemische Spektrum" irgend etwas gesagt haben und nun ebenfalls zu Vorläufern Röntgens avancieren möchten.[2]) Bei dieser Gelegenheit sei wieder einmal auf das Schiefe einer Vorstellungsweise hingewiesen, welche die Gesamtstrahlung einer Licht-

[1]) W. K. Röntgen, Eine neue Art von Strahlen. Zweite Mitteilung, Würzburg, März 1896.

[2]) Vergl. die Bücherschau.

quelle, etwa der Sonne, durch die Annahme verschiedener Spektren, des unsichtbaren Wärmespektrums, des sichtbaren und des chemischen Spektrums zu erklären sucht und dabei natürlich diese drei Spektren über einander greifen läfst, also z. B. im Grün das Vorhandensein von allen dreien annimmt. In Wirklichkeit bilden die durch ein Prisma zerlegten Sonnenstrahlen eine einfache Reihe, bei welcher einzelne Bestandteile zwei, andere, z. B. das Grün, drei verschiedene Wirkungen äufsern können, je nach den Objekten, die man ihnen gegenüberstellt; dafs diese Unterscheidung nicht auf einen Streit um Worte hinausläuft, liegt auf der Hand.

Nur einen Haken, mit dessen Hülfe man eine weniger beachtete Sache wieder in einer für alle sichtbaren Weise aufhängt, bedeuten die Röntgenschen Strahlen auch für die Veröffentlichungen des Russen Jodko, der seine in der letzten Zeit in illustrierten Zeitschriften veröffentlichten Photographien in folgender Weise gewinnt: Er legt Münzen oder andere leitende Gegenstände, z. B. die Hand, auf eine photographische Platte — event. durch Papier u. dgl. von der empfindlichen Schicht getrennt — und elektrisiert die Objekte. Selbst wenn die Elektrisierung so schwach ist, dafs man keine Funken oder Lichtbüschel aus den Objekten heraustreten sieht, erhält man bei der Entwicklung ein Bild, welches Strahlenkränze um die Objekte herum darstellt, also schliefslich auch eine Kontur der Gegenstände selbst giebt. Verwandt hiermit sind Bilder, welche man erhält, wenn man aus einer Spitze Büschelentladungen treten läfst und unter dieselben das auf der photographischen Platte liegende Objekt bringt. Alle diese Experimente sind schon älteren Datums und dürften zu den neu entdeckten Erscheinungen kaum in naher Beziehung stehen.

Anders verhält es sich mit dem von Le Bon entdeckten „schwarzen Licht." Hier ist wie der etwas paradoxe Name so auch die Sache neu, und wenn wir zu den einstweilen sehr bestrittenen Experimenten des genannten Autors auch diejenigen von Henry, Niewenglowski, Becquerel u. a. hinzunehmen, so ist sie zweifellos auch von der gröfsten Wichtigkeit.[3]) Das grundlegende Experiment beschreibt Le Bon folgendermafsen: Man legt in eine gewöhnliche photographische Kassette eine photographische Platte, darauf ein Negativ und unmittelbar auf dieses eine Eisenplatte, welche die Vorder-

[3]) Die betreffenden Arbeiten sind sämtlich in den Comptes rendus der Pariser Akademie, Frühjahr 1896, veröffentlicht, auszugsweise auch in dem empfehlenswerten Buche von E. Guillaume besprochen: Les Rayons X et la photographie à travers les corps opaques; Paris 1896.

seite der Kassette überdeckt. Setzt man das Ganze drei Stunden lang dem Lichte einer Petroleumlampe aus, so erhält man bei nachheriger energischer Entwicklung ein schwaches Bild. Dasselbe wird viel stärker durch eine kleine Modifikation des Versuchs. Man legt hinter die photographische Platte eine ziemlich dicke Bleiplatte und biegt deren Ränder soweit um, dafs sie die Ränder der Eisenplatte berühren. Das so erzielte Bild soll so kräftig sein, als wenn keine Eisenplatte vorhanden wäre. Es scheint also hiernach, als enthielten die Strahlen einer Petroleumlampe Bestandteile, welche fähig sind, durch Metallplatten hindurch zu dringen. Die Verstärkung, welche die Bleiplatte hervorruft, erklärt sich Le Bon vorläufig durch die Annahme schwacher thermoelektrischer Ströme, die an der Berührungsstelle der beiden Metalle erregt werden — eine Erklärung, die nicht einmal als eine vorläufige gelten kann, insofern als man nicht im mindesten einsieht, wie hier Ströme entstehen sollen, deren Angriffspunkte auf die photographische Platte gerade den Konturen des Bildes entsprechen. Aber abgesehen von dieser und anderen wenig haltbaren Annahmen Le Bons, welcher bereits hoffte, einen Beitrag zur Ausfüllung der Lücke zwischen elektrischen und Lichtschwingungen bieten zu können, schien es auch mit den Experimenten selbst schlecht zu stehen. Dieselben mifslangen einer ganzen Reihe geschickter Experimentatoren; nur einzelne, so Arméniac in Bordeaux, glaubten Le Bons Ergebnisse bestätigen zu können. Eine Bemerkung d'Arsonvals giebt vermutlich die richtige Erklärung dieses Widerspruchs. D'Arsonval macht darauf aufmerksam, dafs die Versuche Le Bons gelungen sind, wenn sich zwischen der Lichtquelle und der Metallplatte, durch welche die Strahlen dieser letzteren hindurch dringen sollen, noch eine Glasplatte befand; ganz besonders habe Glas, welches stark fluoresziert, z. B. das im Sonnenlichte lebhaft grün leuchtende Uranglas, die Fähigkeit, den Durchgang von Strahlen durch Metallplatten zu vermitteln.

Diese Erklärung legt den Gedanken nahe, dafs diese letzteren Strahlen erst in dem Glase entstanden seien und bringt somit die neuen Erscheinungen in Zusammenhang mit der Röntgenschen Entdeckung, rückt sie auf dasjenige Gebiet, von dem man früher nur einen sehr beschränkten Teil, die Fluorescenz und Phosphorescenz, kannte und welches man später unter den erweiterten Begriff der „Luminescenzerscheinungen" fafste. Die erwähnten beiden Phänomene sind allgemein bekannt, nämlich das Leuchten gewisser Körper (z. B. Uranglas, Petroleum) unter dem Einflufs einer gegenwärtigen oder (wie bei der Balmainschen Leuchtfarbe) einer vorausgegangenen Be-

strahlung, und ferner sei daran erinnert, dafs eine der wichtigsten Erweiterungen dieses Gebietes durch das Phänomen der „Kathodoluminescenz“ gegeben ist: Die bei elektrischen Entladungen in hochverdünnten Räumen sich entwickelnden Kathodenstrahlen bringen viele Körper (Glas, Salze u. s. w.) zum Leuchten. Die Röntgensche Entdeckung brachte dann die neue Thatsache, dafs aufser diesen sichtbaren Strahlen jene neue Art dunkler Strahlen in dem Glase etc. erregt werde.

Wir wollen hier nun noch vier weitere Punkte anschliefsen, welche uns die wichtigsten Fortschritte nach der Röntgenschen Entdeckung darzustellen scheinen.

1. Röntgenstrahlen vermögen sichtbare Strahlen zu erzeugen, eine freilich nur zum Teil neue Thatsache. Zum Teil ist sie so alt wie die Röntgenstrahlen; denn bekanntlich entdeckte und untersuchte Röntgen diese letzteren mit Hülfe eines aufleuchtenden Schirmes von Bariumplatincyanür. Wir führen die Thatsache hier an, weil einer der Fortschritte, welche zur Abkürzung der für eine photographische Aufnahme nötigen Zeit führten, auf der richtigen Anwendung dieser Lichterzeugung beruht. Winkelmann und Straubel[4]) in Jena legen die photographische Platte mit der Schichtseite auf eine Flufsspathplatte oder auch auf pulverisierten Flufsspath und lassen die Röntgenstrahlen von der Glasseite her einwirken. Obwohl auf diese Weise die direkte Wirkung der letzteren etwas beeinträchtigt wird, so ist doch die Gesamtwirkung viel stärker, da die in dem Flufsspath durch Fluorescenz erzeugten Lichtstrahlen die Platte ebenfalls beeinflussen und so die direkte Wirkung unterstützen. „Lichtstrahlen“ ist hierbei eine nicht ganz richtige Bezeichnung, da die genannten Autoren gezeigt haben, dafs die im Flufsspath erzeugten Strahlen sehr weit im ultravioletten Teil des Spektrums liegen.

Goldstein wendet zur Verstärkung der photographischen Wirkung einen mit Kaliumplatincyanür bestrichenen Schirm an, den er aber zwischen Strahlenröhre und Schicht legt, weil das mit dem Salze bestrichene Papier sicherlich die Röntgenstrahlen weniger beeinträchtigt als das Glas. Das von dem genannten Salze ausgehende Licht ist blau, also erheblich wirksamer als das von Bariumschirmen ausgehende grüne Licht; doch kann man unter Anwendung farbenempfindlicher Platten auch von diesem Gebrauch machen.

[4]) A. Winkelmann und R. Straubel, Über einige Eigenschaften der Röntgenschen X-Strahlen. Jena 1896.

2. Kathodenstrahlen erzeugen Röntgenstrahlen in Körpern, welche man bisher nicht für fähig gehalten hat, Fluorescenz oder Phosphorescenz zu zeigen, z. B. in Metallen. Dieser Umstand hat eine aufserordentliche Verbesserung der zu Röntgenversuchen geeigneten luftleeren Röhren zur Folge gehabt. Bisher war man darauf angewiesen, die Kathodenstrahlen auf die Glaswand der benutzten Röhren fallen zu lassen und so im Glase Röntgenstrahlen zu erzeugen. Ein recht helles grünliches Leuchten des Glases liefs dabei im allgemeinen auch das Vorhandensein kräftiger Röntgenstrahlen vermuten. Stellt man aber nun, wie dies Röntgen in der citierten Abhandlung beschreibt, und wie dies ziemlich gleichzeitig von Professor König in der Elektrotechnischen Zeitschrift angegeben worden ist, gegenüber der Kathode ein Platinblech auf, so sendet dies ebenfalls kräftige Röntgenstrahlen aus, ohne dafs man dabei irgend eine sichtbare Begleiterscheinung an dem Platinblech zu konstatieren vermöchte. Ähnlich verhält es sich mit anderen Metallplatten, z. B. Aluminium; nur zeigt sich der bemerkenswerte Unterschied, dafs die Röntgenstrahlen beim Platin wesentlich von derjenigen Seite des Bleches ausgehen, welches von den Kathodenstrahlen getroffen wird, beim Aluminium hingegen vorwiegend von der Rückseite, ein Verhalten, welches sich leicht dadurch erklärt, dafs das dichtere Platin die erregenden wie die erregten Strahlen bereits in einer sehr dünnen oberflächlichen Schicht absorbiert.

Auf die Erregung von Röntgenstrahlen in Metallen dürfte auch das Resultat von Heen zurückzuführen sein, welcher der Pariser Akademie berichtet hat, dafs ein mit der Lochkamera aufgenommenes Bild eines Strahlenrohres die Anode als den Ausgangspunkt der Strahlen zeige; vermutlich steht bei seinen Röhren die Anode so, dafs sie von Kathodenstrahlen getroffen wird und nun ihrerseits die Röntgenstrahlen emittiert.

Der Hauptvorteil solcher Röhren besteht darin, dafs man bedeutend stärkere Ströme anwenden darf, ohne wie beim Glase ein Springen oder Schmelzen befürchten zu müssen; so kommt es, dafs man neuerdings ziemlich dicke Objekte, wie den menschlichen Brustkasten, hat durchstrahlen und die Rippen photographieren können.

Lenard wird, wie sich aus dem Obigen ergiebt, seine Versuche über die Ausbreitung der Kathodenstrahlen in freier Luft aufs neue aufnehmen müssen, da es sozusagen sicher ist, dafs er bei manchen Experimenten, bei denen er glaubte, Kathodenstrahlen zu benutzen,

die durch das Aluminiumfenster hindurchgegangen seien, mit Röntgenstrahlen gearbeitet hat, die in dem Fenster erregt waren.

3. Eine von Röntgenstrahlen getroffene Stelle eines Körpers sendet nach allen Seiten hin Röntgenstrahlen aus. Nachgewiesen ist dies von den Herren Winkelmann und Straubel z. B. für Holz. Stellt man ein Strahlenrohr, eine dicke Metallplatte und einen Bariumschirm in dieser Reihenfolge auf, sodafs der Schirm keine Strahlen empfängt, also auch nicht leuchtet, so beginnt er zu leuchten, wenn man zwischen Rohr und Eisenplatte eine Holzplatte schieht, welche gröfser ist als die letztere. Das Holz empfängt also von der einen — sagen wir rechten — Seite Röntgenstrahlen und sendet solche nach der linken Seite weiter; natürlich nicht nur nach der linken, sondern wie gesagt, nach allen Seiten. Ein ähnliches Verhalten würde Lichtstrahlen gegenüber eine Flüssigkeit zeigen, die entweder — etwa durch Zusatz von etwas Milch — getrübt ist, oder eine solche, die fluoresciert. Welche dieser beiden Analogien hier zutrifft, dürfte sich einstweilen noch nicht entscheiden lassen; die Annahme der ersteren ist vielleicht einfacher. Versuche, aufser dieser diffusen Zurückwerfung auch eine regelmäfsige Reflexion, etwa an polierten Metallspiegeln, nachzuweisen, sind bis jetzt mifslungen.

4. Manche Körper senden, wenn sie von Lichtstrahlen getroffen werden, ebenfalls Strahlen aus, welche die Fähigkeit haben, undurchsichtige Körper, z. B. Metalle, zu durchdringen. Hierher würden offenbar die Versuche mit dem „schwarzen Licht" zu rechnen sein. Der Gedanke, welcher mit gröfserer Aussicht auf Erfolg als die Annahmen Le Bons zu solchen Experimenten und zwar in ganz bestimmter Richtung führen mufste, ist u. a. von Poincaré in folgender Weise ausgesprochen worden: Wenn das Glas, welches Röntgenstrahlen aussendet, dabei stark fluoresciert, werden da auch andere Körper, welche stark fluorescieren, solche Strahlen aussenden, selbst wenn die Ursache der Fluorescenz eine andere ist als Kathodenstrahlen? Der Versuch wenigstens mufste lohnen; die ersten präzisen Erfolge hat wohl Ch. Henry[5]) erhalten. Derselbe legte auf eine photographische Platte einen mehrfach in schwarzes Papier gewickelten Draht und auf diesen eine Aluminiumplatte, welche mit einem auf besondere Weise gewonnenen Präparat von Schwefelzink bestrichen war. Liefs man auf das letztere das Licht einer Magnesiumlampe kurze Zeit einwirken, so zeigte die

[5]) Comptes rendus. Heft 6. 1896.

Platte ein Bild des Drahtes! Die Versuche sind von Becquerel und Troust fortgesetzt worden: man hat auch andere Körper als zu diesen Wirkungen fähig befunden, z. B. gewisse Glassorten, und wir haben oben bereits erwähnt, wie sich das vielfache Mifslingen der Versuche Le Bons unter diesem Gesichtspunkte erklärt. In manchen Fällen überdauert die Wirkung der Strahlen aussendenden Körper das auf sie wirkende Licht; wir haben es dann mit einem der Phosphorescenz analogen Vorgang zu thun. Das Merkwürdigste — wenn man bei diesen höchst verwunderlichen Dingen von einem mehr oder weniger merkwürdig sprechen darf — ist, dafs diese so erzielten Strahlen keine Röntgenstrahlen zu sein scheinen; denn sie werden gespiegelt, gebrochen und polarisiert!

Angesichts dieser wahrhaft erstaunlichen Fülle von Beobachtungsmaterial, von dem wir nur das Wichtigste angeführt haben, erhebt sich die Frage immer eindringlicher, was denn alle diese Strahlen, die sich plötzlich an allen Ecken und Enden zeigen, eigentlich sind. Haben wir es hier mit longitudinalen Äthersohwingungen zu thun, oder mit transversalen, aber noch weit schnelleren Schwingungen als im ultravioletten Teile des Spektrums? Auf den ersten Blick erscheinen ja die Röntgenstrahlen wesentlich anders, als die uns sonst bekannten ultravioletten Strahlen; doch schliefst das nach einer mehrfach, so von Goldhammer[6], vertretenen Ansicht nicht aus, dafs wir hier Strahlen von sehr kleiner Wellenlänge vor uns haben; sind die Wellen so klein, dafs die Moleküle der Körper im Vergleich zu ihnen bereits grofs erscheinen, so kann von einer Reflexion, Brechung und Polarisation durch Spiegelung nach den für Lichtstrahlen geltenden Gesetzen nicht mehr die Rede sein. Stellen uns die Strahlen des schwarzen Lichtes, welche diese drei Erscheinungen wieder zeigen, einen Übergang zwischen Röntgenschen und ultravioletten Strahlen dar?

Zum Schlusse wollen wir noch einer Wirkung Erwähnung thun, die Röntgen in seiner zweiten Mitteilung beschreibt und die uns seine neuen Strahlen wieder in einem ganz anderen Zusammenhange zeigt. Ultraviolette Strahlen entladen elektrisierte Körper, vornehmlich wenn die Ladung negativ ist. Hierher gehören die bekannten lichtelektrischen Versuche von Hertz, Righi, Elster, Geitel u. a. Es liegt nahe, derartige Experimente auch mit Röntgenschen Strahlen anzustellen, und dies ist denn auch von verschiedenen Seiten geschehen, allerdings mit dem eigentümlichen Erfolge, dafs man bald fand, die

[6]) Wiedemann, Ann. 1896, Heft 4.

negative Elektrizität werde leichter entladen als die positive[7]), bald das Gegenteil[8]). Die Wendung, welche **Röntgen** den Dingen gegeben hat, ist wiederum sehr überraschend. Er zeigt, dafs die **Luft**, welche von seinen Strahlen durchsetzt worden ist, die elektrisierten Körper zu entladen vermag, und zwar sowohl positive als negative. Wurde eine Kugel durch Verbindung mit einer Batterie von Accumulatoren dauernd elektrisch geladen, und strich an ihr ein Luftstrom entlang, welcher im Innern eines mit der Erde verbundenen Aluminiumrohres bestrahlt worden war, so entstand ein elektrischer Strom, wie wenn die geladene Kugel durch einen Halbleiter mit der Röhre verbunden wäre. Schiebt man einen genügend dicken Pfropfen aus Watte so in die Röhre, dafs die bestrahlte Luft ihn durchstreichen mufs, bevor sie zur Kugel gelangt, so bleibt die Ladung der letzteren unverändert; die Luft hat also in Berührung mit der Watte ihre eigentümliche Fähigkeit verloren. Schiebt man dagegen den Wattepfropfen so in die Röhre, dafs die Luft ihn durchstreicht, bevor sie bestrahlt wird, so ist er ohne Einflufs, ein Beweis dafür, dafs der in der Luft stets vorhandene Staub nicht die Ursache jener Entladungen bildet.

Wenn es gestattet ist, hier eine einstweilen freilich unbewiesene Vermutung auszusprechen, so könnte man sich das Experiment vielleicht dadurch erklären, dafs das Metall der Röhre unter dem Einflufs der **Röntgen**strahlen zerstäubt wird — beim ultravioletten Lichte beobachten wir eine solche Wirkung —, und dafs dieser Staub die Entladung veranlafst, wenn er nicht durch einen Wattepfropfen abgefangen wird. —

Durch die obige Skizze hoffen wir unsern Lesern gezeigt zu haben, dafs viele Forscher aufs äufserste bemüht sind, die Rätsel, welche uns **Röntgen** aufgeben hat, zu lösen, natürlich mit der unvermeidlichen Folge, dafs dabei neue Fragen auftauchen.

---

[7]) **Benoist** und **Hurmuzescu**, Comptes rendus 1896 Heft 5.

[8]) **Borgman** und **Gerchun** in Petersburg, Comptes rendus Heft 6.

Die Entwickelung des Hühnchens im Ei.

Von Dr. Carl Müller in Berlin,
Professor an der kgl. technischen Hochschule.

(Fortsetzung).

Die Ausgestaltung aller einem Werdeprozesse, einer Entwickelung ihre Existenz verdankenden Dinge ist in hervorragendem Mafse bedingt durch von aufsen kommende Einflüsse, die wir je nach unserer Anschauung bald als Bedingungen, Voraussetzungen, bestimmende Ursachen, bald als Störungen oder Hemmungen, bald als Naturnotwendigkeit, bald als Anpassung, bald als Folgen eines Zweckmäfsigkeitsprinzipes hinzustellen uns gewöhnt haben. Die Thatsache der Beeinflussung gilt für alles Intellektuelle ebenso wie für alles Materielle, im letzteren Falle ebensowohl für die leblosen Dinge wie für die mit Leben begabten Geschöpfe. Ihren inneren Grund findet sie in der einfachen Logik, dafs alles Werden sich an ein gegebenes Gewordenes anknüpft, welches wir aus der Welt des übrigen Seienden und Gewordenen nicht in Wirklichkeit loslösen können, weshalb denn auch im Grunde genommen Ursächlichkeit und Zweckmäfsigkeit in der Welt auf dasselbe hinauslaufen müssen. Im besonderen gilt diese Philosophie natürlich auch für unser Hühnchen im Ei.

Wir hatten schon früher einmal erwähnt, dafs die Eier der Tiere, je nachdem sie ihre Entwickelung im Wasser oder aufserhalb desselben durchmachen, in verschiedener Weise umhüllt sind. Eier, welche im Wasser oder doch in feuchter Umgebung keimen, bedürfen keiner ihren Inhalt vor Stofswirkungen oder Verdunstung schützenden Schale. Je gröfser aber die Gefahr nach beiden Richtungen wächst, je gröfser das „Schutzbedürfnis“, um so reichlicher wird die Eizelle — der Dotter — umhüllt mit Schleim — Eiweifs —, und bei den in trockener Luft zur Brut gelangenden Eiern wird noch eine harte

Kalkschale zum mechanischen Schutz erzeugt, die wohl Gase, insbesondere Sauerstoff passieren läfst, aber zugleich die Verdunstung von Wasser in hohem Grade hemmt. Wir hatten nun gesehen, dafs die Abschnürung des Keimes im bebrüteten Ei am Ende des dritten Tages bereits soweit gediehen ist, dafs wir ihn mit dem jungen Fische in Fig. 13 der vorangehenden Darstellung vergleichen konnten. An dem jetzt kaum centimeterlangen wurstförmigen Keime hängt, einem unförmlichen Bruchsacke vergleichbar, der durch Wasseraufnahme aus dem Eiweifs noch gewaltig vergröfserte Dotter als „Dottersack." Während nun ein junger Fisch in diesem Zustande bereits munter im Wasser zu schwimmen beginnt, indem er seinen Körper, besonders das Schwanzende, schnell abwechselnd nach rechts und links krümmt, wobei er dann den schweren Dottersack, seine Mitgift, mitschleppt — ein Gebahren, welches auch die jungen als Kaulquappen bekannten Larven (Embryonen) der Frösche zeigen — ist das Hühnchen in dem Ei wie in einem Gefängnis an der freien Bewegung gehemmt, aber Schwimmen ist auch ihm ein notwendiges Bedürfnis, und diesem wird genügt. Es läfst sich sogar der allgemeinere Satz aussprechen, alle nicht im Wasser zur Entwickelung kommenden Wirbeltiere, die Reptilien (also Schlangen, Eidechsen und Schildkröten), die Vögel und auch die Säugetiere (letztere im Leibe des Muttertieres) leben eine Zeit hindurch wie Fische, denen die Natur im Ei ein besonderes Aquarium, eine Art Teich, man möchte fast sagen, ein Schwimmbassin errichtet, in welchem freilich die freie Bewegung ziemlich beengt ist. Wir wollen die Entstehung des Wasserbehälters — die Zoologen nennen ihn das Amnion oder Schafhäutchen — für das Hühnchen verfolgen.

Öffnen wir das bebrütete Ei am Ende des zweiten Tages, so zeigt der Dotter etwa das Aussehen der Fig. 22. Der wurstförmige Keim liegt quer zur Längsachse des Eies, dessen spitzes Ende wir uns rechts zu denken haben. Den Keim umgiebt der durchsichtige helle Fruchthof, weiterhin der von scharf begrenzten, rotes Blut führenden Adern durchzogene Aderhof (area vasculosa). Alle Adern laufen schliefslich aus in eine fast kreisförmig den Aderhof nach aufsen abgrenzende Randvene (den sinus terminalis). Nach dem Keim hin führen alle Blutwege in zwei Hauptadern, welche von der Seite und von hinten her in das unter dem Keim liegende Herz führen, welches zunächst noch ein gerader Schlauch unmittelbar unter dem Hirne ist. Am dritten Tage erscheint der Keim wie in Fig. 23. Der aufserhalb des Keimes entwickelte Blutkreislauf ist verstärkt, der Keim aber

wendet uns nicht mehr seinen Rücken zu, er hat sich vielmehr „aufs Ohr“ gelegt, und zwar liegt er in allen Normalfällen auf seiner linken Seite. Man erblickt deshalb das Herz, welches jetzt bereits eine scharfe Krümmung erfahren hat, rechts ganz dicht unter dem Kopfende herausragend. Mit unbewaffnetem Auge sieht man es heftig rhythmisch pulsieren. Es macht dabei den Eindruck, als wenn ein roter Punkt sich in den unter ihm befindlichen Dotter hineinsenkt, um sofort wieder nach oben umzukehren; fast scheint uns das Herz, dieser rote Punkt, zu hüpfen. Der erste, welcher, mit dem Wissensdrange des Forschergeistes ausgerüstet, sinnend diese Erscheinung im bebrüteten Hühnerei betrachtete und diese Beobachtung vor mehr als

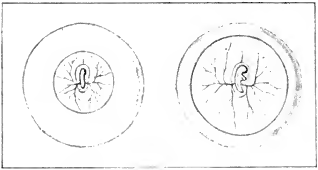


Fig. 22. Fig. 23.

2000 Jahren aufzeichnete[13]), war Aristoteles. Er nannte das rhythmisch sich bewegende Herzpünktchen die στίγμη κινουμένη, was seine zwar philologisch durchgebildeten, aber mit naturwissenschaftlicher Erkenntnis weniger als der Meister vertrauten Übersetzer mit punctum saliens wiedergegeben haben, und da nun Aristoteles in jenem sich bewegenden Fleckchen den ersten Anfang des werdenden Hühnchens, also die Hauptsache im ganzen Ei erblickte, so wird der Kern einer Sache noch heutzutage sprüchwörtlich als das punctum saliens, als der „springende Punkt“ bezeichnet.

Die Wendung des Keimes auf seine linke Seite bleibt übrigens nicht ohne Folgen für das ganze fernere Leben des Tieres, und schon Karl Ernst von Baer betonte, daſs dieser Umstand ein sehr wichtiges Moment in der Bildungsgeschichte des Keimes sei[14]). Von nun an

[13]) In einer Abhandlung περὶ ζῴων γενέσεως (Über die Entstehung der Tiere).
[14]) Entwickelungsgeschichte der Tiere, I. Tl. S. 51.

wird die Symmetrie des Körpers mehr oder minder getrübt. Der Darm erhält im Leibe infolge geförderten Wachstums Krümmungen, die schliefslich zur Ausbildung der mannigfaltigen Darmwindungen führen. Diesen Krümmungen folgt das Gekröse wie eine schmiegsame Gummiplatte so, dafs der Darm immer in fester Lage sich befindet, in welche er nach jeder Bewegung, sei es des Körpers, sei es nach Erschütterungen, sei es nach krampfartigen Zusammenziehungen, die wir als „Leibschneiden" bezeichnen würden, zurückkehrt. Würde das Gekröse an einer Stelle reifsen, so sind Darmbrüche, Darmeinklemmungen oder Darmverschlingungen zu befürchten, welche bei der Entzündlichkeit der Darmhäute leicht den Tod verursachen würden. Aber die Darmwindungen sind rechts und links im Körper nicht die gleichen. Auch das Herz wird bei der Seitenlage des ganzen Keimes unsymmetrisch aus der Mittelebene des Körpers verschoben, und eine weitere Folge ist dann auch, dafs die Lunge und andere Organe rechts- und linksseitig verschieden entwickelt werden. Vielleicht spielt hierbei die Thatsache eine Rolle, dafs bei der Seitenlage die Ernährungsbedingungen auf beiden Seiten ungleichartige geworden sind. Die Dottermasse liegt auf der linken Seite des Keimes, dem von rechts her die Brutwärme und die zum Atmen nötigen Luftmengen zuströmen.

Was wäre nun aber die Folge davon, wenn einmal aus unbekannter Ursache der Keim sich statt auf die linke Seite auf das rechte Ohr legte? Eine lebenslängliche Verkehrtheit oder Verdrehtheit, können wir antworten, die der Gelehrte als „situs inversus" für einen interessanten Fall erklärt. Es wird nicht unbekannt sein, dafs es in diesem Sinne auch verkehrte Menschen giebt, bei denen das Herz nicht linksseitig, sondern rechtsseitig verschoben ist, und dementsprechend sind dann auch gleichsam rechter und linker Lungenflügel vertauscht und dergleichen. Ein solcher Mensch ist dann im Innern spiegelbildlich einem Normalmenschen gleich gebaut. Im grofsen und ganzen sind aber solche Verkehrtheiten bei höheren Tieren selten, unter mehreren hundert Hühnchen im Ei fand Karl Ernst von Baer nur zwei, welche die rechte Seite dem Dotter zugekehrt hatten.

Betrachten wir nun den Keim nur einen Tag später, also etwa im Laufe des 4. Brüttages, so finden wir ihn wie in Fig. 24 in einer durchsichtigen, glashellen fast fettglänzenden Blase eingeschlossen, welche mitsamt dem Keim in die Dottermasse eingesunken ist. Drehen wir die Keimscheibe um, betrachten wir sie also von ihrer Innenseite, mit welcher sie dem Dotter auflag, so erhalten wir das Bild der Fig. 25, und wir erkennen nun deutlich, wie an einer kleinen Öffnung, dem

Nabel, die zu den beiden Hauptadern vereinigten Blutströme als „Nabelgefässe" in das Innere des Keimes überführen. Die den Keim umhüllende, mit Wasser erfüllte Blase ist das erwähnte Schwimmbassin, das Amnion oder, wie es wegen seinor glänzend durchsichtigen Beschaffenheit von Laien genannt wird, die Glashaut. Die wäeeerige Flüssigkeit heifst das Amnion- oder Schafwasser.

Die Bildung des Amnione wird man mit Leichtigkeit aue dem Vergleich der halbschematischen Bilderreihe der Fig. 26—31 verstehen. In Fig. 26 eind die drei Keimblätter am animalen Pol des Dotters übereinander flach gewölbt ausgebreitet. In Fig. 27 beginnt die Ab-

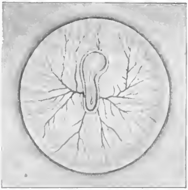


Fig. 24.

schnürung dee Kopfendee, die in Fig. 28 weiter fortgeechritten ist. Unmittelbar in der Bucht unter dem Kopfe iet die erste Herzanlage angedeutet. In Fig 29 ist der Kopf deutlich hervorgetreten, rechts ist aber auch das spitze Schwanzende durch eine Einfaltung entstanden. Die grofee Öffnung zwischen Kopf- und Schwanzende, durch welche der Nahrungsdotter unvermittelt in den Leib dee Keimes eintritt, ist der noch weite Nabel dee Tieres. In Fig. 30 ist er stark verengt, den Dotterstiel bildend. Der Vergleich der Figuren 29 und 30 zeigt aber, wie gleichzeitig mit der Abechnürung dee ganzen Keimee die Haut der grofsen Dotterkugel sich kapuzenartig scharf nach oben faltet, um den Kopf und den Schwanz mit einer Kappe zu überdecken. In Fig. 30 sind die Faltenränder über der Mitte des Rückens schon bis auf eine kleine Lücke genähert. In Fig. 31 sind sie bereits verwachsen, und zugleich hat sich die innere, dem Keim in seinem Umrisee folgende

Faltenhaut ganz von der nunmehr Keim und Dotter insgesamt umhüllenden Aufsenhaut losgetrennt. Die den Keim zunächst umschliefsende Blase ist das Amnion; die Dotter und Keim samt Amnion zugleich umfassende Aufsenhaut heifst die seröse Haut. Sie wird bei der späteren Volumenzunahme des Keimes und des Dottersackes unter dem Schwinden der Eiweifsmasse so gedehnt, dafs sie sich der Eischale von innen her, lückenlos anschmiegt. Bei den Säugetieren legt sie sich unter Bildung zahlreicher, von Blutgefäfsen durchzogenen Zotten dem Fruchtbehälter, mit diesem auf das engste verwachsend, an, sodafs das mütterliche Blut mit dem des Keimes in unmittelbaren Austausch tritt, Vorgänge, auf die hier nicht des näheren eingegangen werden soll. [15])

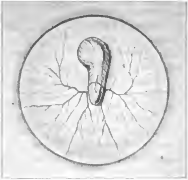


Fig. 25.

Würde man den in Fig. 31 dargestellten Keim etwa in der Nabelgegend senkrecht zur Ebene der Zeichnung zugleich mit der ganzen Eischale durchschneiden, so würde man den Anblick der Fig. 32 gewinnen müssen. Derselbe läfst uns erkennen, dafs das Eiweifs bereits an Masse abgenommen hat; insbesondere hat es sich in einen oberen, wässerigen Teil und in einen unter der Dotterkugel liegenden, fast gummiartig zähen, honiggelben Teil geschieden. Die Dotterkugel ist dadurch so gehoben, dafs der im Amnion eingeschlossene Keim (der in Fig. 32 quer geschnitten ist) dicht unter der Eischale liegt. Bei

[15]) Die mit dem mütterlichen Fruchtbehälter verwachsenen Zotten bilden in ihrer Gesamtheit den sogen. Mutterkuchen (die placenta), auch bezeichnet man die mit Zotten versehene seröse Haut als Zottenhaut oder Chorion. An ihrer Ausgestaltung beteiligt sich auch die noch weiterhin zu besprechende Allantois.

geeignster Durchleuchtung kann er daher am 5. oder 6. Brüttage im Ei erkannt werden, wodurch es leicht wird, nicht brütfähige Eier aus einem Gelege rechtzeitig zu entfernen.

Will man die für alle höheren Wirbeltiere so wichtige Amnionbildung genauer verfolgen, so wird man sich selbstverständlich wieder sorgfältiger Präparation bedienen und das Mikroskop zu Hilfe nehmen. Schneidet man Keime, die ein wenig älter sind als der im oberen Bilde der Fig. 21 dargestellte, quer durch, so erhält man den Anblick des oberen Bildes in Fig. 33, in welcher die sich über den Rücken des

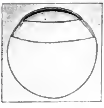


Fig. 26.



Fig. 27.



Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.

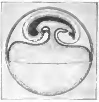


Fig. 31.

Keimes vorwölbenden Amnionfalten mit f bezeichnet sind. Die Faltensenkung bewirkt, dafs das äufsere Keimblatt und die ihm anliegende Muskelplatte je eine bleibende innere Leibeshöhle (L. i) rechts und links von der Mittellinie des Rückens abgrenzt, welche nach unten durch die Darmmuskelplatte des mittleren Keimblattes und das innere Keimblatt abgeschlossen ist. Jenseits der Amnionfalte liegen zwei weite mit Wasser erfüllte „äufsere“ Leibeshöhlen (L. a), die für das fertige Tier selbstverständlich bedeutungslos werden. Der im zweiten Bilde der Fig. 33 dargestellte etwas ältere Querschnitt bedarf keiner weiteren Erläuterung. Die tiefer gewordene Rinne D auf der Keim-

unterseite ist die Andeutung des bleibenden Darmes. Auch das untere Bild der Fig. 33 bedarf im Vergleich zum Vorhergehenden keiner Erklärung. Die Amnionfalten f haben sich über dem Rücken des Tieres schon fast bis zur Berührung genähert. Berühren sie sich ganz, so erhält man in der oberen Ansicht des Keimes jene Rückenlinie, welche uns Fig. 24 auf der Amnionblase zeigt. Später verwächst diese Nathlinie völlig, worauf dann die innere Amnionhaut sich von der nach aufsen liegenden serösen Haut lostrennt.

Welchen Zweck hat nun die Amnionbildung der höheren Wirbeltiere?

Unsere Fig. 32 zeigt, wie durch die Hebung der Dotterkugel der vom Amnion umhüllte Keim dicht unter die Schale des Eies ge-

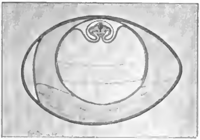


Fig. 32.

rückt ist; er liegt also fast ganz oberflächlich. Diese oberflächliche Lage ist zweifellos von Vorteil für die Wärmewirkung und für den Gasaustausch, kurz für alle Leben fördernden Vorgänge im Ei, zugleich aber ist sie ein Nachteil, eine Gefahr für das Tierchen, welches durch Stöfse gegen die Eischale leicht verletzt werden könnte. Dieser Gefahr ist nun aber gerade durch das Amnionwasser vorgebeugt. Es erhellt dies aus der Thatsache, dafs man sich unter Wasser weder schlagen noch stofsen kann[16]), weil das träge Wasser sich der Berührung der Körper hemmend in den Weg stellt. „Hart im Raume stofsen sich die Sachen“ gewöhnlich nur, sofern wir uns den Raum mit Luft gefüllt denken, welcher nach allen Seiten hin freie Bewegung ermöglicht. Für das Hühnchen kommt nun noch hinzu, dafs

[16]) Hiervon mag man sich bei Gelegenheit eines Bades selbst überzeugen. Unter dem Wasserspiegel vermag man weder sich selbst noch einen Badegenossen mit der Hand zu schlagen.

auch noch der Raum zwischen Amnion und seröser Haut bezw. zwischen diesen und dem Dottersack (vergl. auch Fig. 33, die Räume L. a) mit Wasser erfüllt sind. Dann ruht das Amnion in der muldenartigen Vertiefung des Dottersackes, der selbst so weich geworden ist wie das zarteste Kissen — kurz, die Amnionbildung verhindert Druck- und Stofswirkungen, welche dem künftigen Weltbürger im Ei

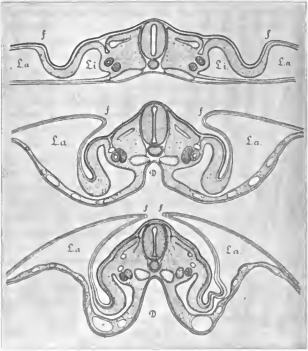


Fig. 33.

gefährlich werden könnten. Wird aber das Schafhäutchen gewaltsam gesprengt, fliefst also das Schafwasser vorzeitig ab, so ist eine Fehlgeburt eine unabwendbare Folge.

Dafs aber auch der Atmungsvorgang, welcher bei dem Werdeprozesse besonders gefördert werden mufs, um so mehr, als das Tier ja noch keine inneren Atemorgane entwickelt hat, durch das Amnion vorteilhaft beeinflufst werden mufs, geht schon allein aus der Er-

wägung hervor, dafs der Sauerstoffgehalt im Wasser verhältnismäfsig gröfser ist als derjenige der uns umgehenden Atmosphäre[17]). Das fischähnlich lebende Hühnchen lebt also im Ei in relativ sauerstoffreicher Atmosphäre.

Im Amnionwasser schwimmend benimmt sich das junge Hühnchen in der That auch ganz wie ein Fisch. Es beginnt seine ersten Leibes- und Muskelübungen, schwimmt bald etwas nach vorn, bald nach rückwärts, bewegt sich bald nach der einen, bald nach der anderen Seite des Eies, Bewegungen, welche man namentlich vom 6. bis 8. Brüttage am durchleuchteten Ei beobachten kann. Wird später durch die Gröfsenzunahme des Tieres der Raum im Schwimmbassin zu eng, dann hören freilich die heftigen Bewegungen auf. Dann regt sich die Bewegungslust erst wieder kurz vor dem Geburtsakte, kurz vor dem Ausschlüpfen. Übrigens ist auch die Amnionhaut (die Glashaut) aktiv an den Bewegungen des Keimes im Ei beteiligt. Sie zieht sich von einem Ende zum anderen fortschreitend zusammen, und solcher „Contractionswellen" erfolgen bisweilen 10 in einer Minute. Der junge Keim befindet sich also gleichsam in einem Wellenbade, in welchem er wiegend hin und her geschaukelt wird. Dazu kommt dann noch, dafs das Amnionwasser nicht reines Wasser ist, man könnte es vielmehr einer nährenden Bouillon vergleichen, da es Eiweifsstoffe und Salze gelöst enthält.

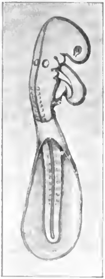


Fig. 34.

Die Fischnatur des Hühnchens zeigt sich während dieser Bildungsperiode auch in seiner weiteren Ausgestaltung. Fig. 34 zeigt uns ein kaum $2^1/_2$ Tag altes Tierchen. Der Kopf hat sich rechtwinklig gegen den Rumpf gekrümmt. Da ihm die Gesichtsbildung fehlt, so gleicht der Kopf einer unförmlichen Blase. Unter ihm ist das Herz nach rechts hervorgetreten, einen stark gekrümmten Schlauch darstellend, dessen erste Krümmung infolge geförderten

[17]) Die uns umgebende Luft besteht bekanntlich annähernd aus 79 Raumteilen Stickstoff und 21 Raumteilen Sauerstoff. Die im Wasser aufgelöste Luft besteht aber etwa aus nur 70 Raumteilen Stickstoff und 30 Raumteilen Sauerstoff, ist also nahezu 10% sauerstoffreicher.

Längenwachstumes schon Fig. 19 (rechtes Bild) andeutete. Das Herz liegt jetzt noch ganz dicht hinter dem Kopfe, weil sich noch kein Hals zwischen Kopf und Rumpf eingeschaltet hat. Auffällig sind aber in Fig. 34 die fleischigen Gebilde hinter der Kopfblase.

Sie wachsen bogig von rechts nach links her nach vorn, um später in der Mittellinie des Körpers auf seiner Vorderseite paarweise zu verwachsen. Es sind die Kiemenbogen, welche bei Fischen dauernd erhalten bleiben, während sie bei allen höheren, durch Lungen atmenden Tieren entweder später zurückgebildet werden oder zur Gesichtsbildung verwendet werden. Die tiefen Buchten zwischen den aufeinanderfolgenden Kiemenbogen heifsen die Kiemenspalten oder Schlundspalten. Eine Zeit lang sind sie durch eine feine Haut geschlossen. Ihre Zahl schwankt in den einzelnen Gruppen der Wirbeltiere. Bei den Haifischen treten jederseits 6 bis 8 auf, bei den übrigen Fischen, den Amphibien und Reptilien sinkt sie auf 5, bei den Vögeln und den Säugetieren sind nur 4 angedeutet. Sie entstehen von vorn nach hinten fortschreitend. Die zwischen der Kopfblase und dem ersten Kiemenbogen liegende Lücke heifst die Mundbucht. Rechter und linker erster Kiemenbogen umschliefsen die sich bildende Mundhöhle. Zwischen erstem und zweitem Kiemenbogen liegt die erste Kiemenspalte. Sie wird bei allen höheren Wirbeltieren zum äufseren Gehörgange, der nach innen mit der zum Trommelfell werdenden Kiemenhaut abschliefst. Die innere Höhle der ersten Kiemenspalte wird zum inneren Gehörgange, der sogenannten Paukenhöhle, die als Eustachische Röhre tief unten im Schlunde sich öffnet. Die zweite Kiemenspalte, zwischen zweitem und drittem Kiemenbogen, und auch die folgenden verwachsen bei späterer Entwickelung.

Die Kiemenbogen nehmen die vom Herzen kommenden Verzweigungen der Hauptschlagader auf, welche sich, gegen den Rücken bogig aufsteigend, nach rückwärts zu den beiden Körperschlagadern vereinigen, deren Querschnitte uns schon in den Fig. 20 und 33 zu beiden Seiten der Chorda begegneten. Ohne auf diese Verhältnisse im einzelnen einzugehen, soll hier nur hervorgehoben werden, dafs das schwimmende Hühnchen — ebenso wie alle höheren Tiere in der entsprechenden Phase ihrer Entwickelung — wirklich wie ein Fisch lebt, also mit Kiemenbogen und diese durchströmenden Schlagadern ausgerüstet ist.

Wir könnten nun an die feinere Ausgestaltung des tierischen Leibes herantreten, wenn nicht noch eine letzte Organbildung im

Ei aufträte, die bei der Wichtigkeit, welche sie im embryonalen Leben aller höheren Wirbeltiere (von don Reptilien aufwärts) erlangt, hier nicht übergangen werden darf.

Noch während die Bildung des Amnions vor sich geht, bildet sich — beim Hühnchen schon am Ende des zweiten Brüttages in seinen Anfängen erkennbar — an dem hinter dem Nabel belegenen Teile des Darmkanales, dem Enddarme, eine blasige Erweiterung, welche bei zunehmender Gröfse bald aus dem Leibe rechts nach aufsen hervortritt, sich zwischen Dottersack und Amnionblase hervorschiebend. Diess neue Blase, eine Ausstülpung des Darmkanales, ist zunächst dazu bestimmt, die wässerigen Ausscheidungsprodukte

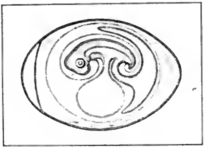


Fig. 35.

des immer mehr heranwachsenden Keimes in sich aufzunehmen, Produkte, welche keinerlei Verwertung mehr finden können. Man bezeichnet diese frei aus dem Leibe heraushängende Blase als den Harnsack. Die Gelehrten nennen sie die Allantois. Da sie aufserordentlich schnell an Gröfse zunimmt, so zwängt sie sich, den Keim von hinten her kapuzenartig überwachsend, zwischen die seröse Haut einerseits und Amnion und Dottersack andererseits ein, wie es durch Fig. 35 veranschaulicht ist. In dem längs durchschnitten gedachten Ei erscheint die Allantois fast T-förmig auf der rechten Seite; ihr gekrümmter Stiel führt zwischen Nabel und Endöffnung des Darmes in die Darmhöhle hinein.

Aufser der Bestimmung, wässerige Ausscheidungen aufzunehmen, dient die Allantois zugleich einem zweiten Zwecke. Schon frühzeitig treten aus der Nabelgegend kräftige Blutadern, aus dem Körper kommend, also bereits venös gewordenes Blut führend, in die Allantoiswand über und verzweigen sich, ein reiches Geflecht bildend, nament-

lich auf der nach aufsen gerichteten Allantoiswand, welche sich von innen her der serösen Wand anschmiegt, mit dieser verwächst und nun sich unmittelbar unter der Eischale, diese in allen Punkten austapezierend, ausbreitet. Der vom 3. bis zum 5. Tage ausschliefslich im Aderhofe sich abspielende Blutkreislauf wird dadurch zunächst ergänzt, in den folgenden Tagen sogar ganz und gar ersetzt. Es wirft sich die gesamte Atmung also auf die Allantois. Die Atmung gehört von jetzt ab einem Darmteile an, vollzieht sich aber, da die Allantois aus dem Leibe des Keimes herauswächst, auch jetzt noch aufserhalb des jungen Tieres. Diese Art der Atmung bleibt erhalten, bis die Lungen entwickelt sind, die aber erst mit dem Geburtsakte in Thätigkeit treten, Verhältnisse, die an späterer Stelle erörtert werden sollen.

Will man die ganze Entwickelung des Tieres nach dem Plane der Atmung einteilen, so würde man unterscheiden:

Erste Phase: Erste Abschnürung des Keimes ohne besondere Atmungsorgane. Beim Hühnchen 1.—2. Tag.

Zweite Phase: Atmung aufserhalb des Tieres durch die Gefäfse des Aderhofes. Beim Hühnchen 3.—5. Tag.

Dritte Phase: Atmung aufserhalb des Tieres durch die Gefäfse der Allantois. Währt von der Ablösung der zweiten Phase bis zum Moment der Geburt.

Vierte Phase: Atmung innerhalb des Tieres durch die Lungen, welche die ganze Lebenszeit bis zum letzten Atemzuge umfafst.

Es mufs aber schon hierbei betont werden, dafs in allen Lebensstufen die äufsere Körperbaut an der Aufnahme von Sauerstoff lebhaft mit beteiligt ist.

Vergleicht man nun Fig. 32 mit unserer Fig. 35, so wird man unschwer erkennen, dafs in dem fortgeschrittenen Entwickelungsstadium noch wesentliche Änderungen aufgetreten sind. In erster Linie ist das Eiweifs stark geschwunden; es hat seine wertvollen Bestandteile an den Nahrungsdotter abgegeben. Von dem verdickten, leimartig zähen Teile ist nur noch ein winziger Rest im unteren Eiabschnitte erhalten geblieben. Auch bringt die Figur 35 zugleich die Thatsache zur Veranschaulichung, dafs der Keim selbst mit zunehmender Gröfse eine Lagenänderung, eine Wendung erfahren hat. Er liegt jetzt nicht mehr quer zur Längsachse des Eies, sondern seine eigene Leibesachse fällt etwa mit der Längsrichtung des Eies zusammen, und zwar so, dafs sich der Kopf des Tieres dem stumpfen

Ende, d. h. dem dort befindlichen Luftraume zukehrt. Denken wir uns nun den Keim so vergröfsert, dafs er nach und nach fast den ganzen inneren Eiraum für sich beansprucht, während unterdessen die Allantois wie ein Mantel von hinten her bis über das Kopfende hinwegwächst, sich mit ihrer Aufsenwand ganz dicht an die seröse Haut anlegend und mit dieser verschmelzend[18]), so bedarf es nur noch eines Vorganges, um die Geburt des fertigen Tieres vorzubereiten: des Schwindens des aus dem Nabel heraushängenden Dottersackes. Derselbe nimmt, da er alle Nährstoffe für den Keim enthält, welche bei dessen Heranwachsen zu seinem Aufbau Verwendung finden, mit jedem Tage an Gröfse ab. Beim Hühnchen tritt vom 17. Tage ab der Rest des Dotters durch die Nabelöffnung in den Darm über, ein Vorgang, der am 19. oder 20. Tage vollendet ist. Nun vernarbt die Nabelöffnung — das Hühnchen ist fertig, es will hinaus ins Freie.

Doch ehe wir die Befreiungsarbeit des jungen Tieres verfolgen, fehlt uns recht Vieles und Wichtiges in unserer Erkenntnis. Der Kampf ums Dasein stellt hohe Ansprüche an das Leben und die Freiheit des Einzelwesens. Was wollte das junge Tier, wenn es nicht gewappnet und ausgerüstet wäre? Und wir haben absichtlich noch gar nicht von den für den Kampf ums Dasein so notwendigen Sinnesorganen, auch nicht von den Bewegungswerkzeugen gesprochen. Der lebendige Organismus ist eben die komplizierteste Maschine. Ihre Feinheiten nunmehr wenigstens in den Grundzügen kennen zu lernen, erfordert einen neuen Abschnitt unserer Betrachtungen, den wir als das Kapitel der Organbildung dem der allgemeinen Körperbildung als Schlufs folgen lafsen müssen.

---

[18]) In Fig. 35 ist wegen der Übersichtlichkeit der Raum zwischen der als Kreis sich gegen das Eiweifs absetzenden serösen Haut und der Allantois, sowie zwischen dem Amnion und dem Dottersack absichtlich weithin frei gelassen, während in Wirklichkeit alle diese Teile lückenlos sich zusammendrängen.

(Schlufs folgt.)

Der Phönix.

Von E. Mayer in Berlin.

Die Forschungen der Archäologen haben dahin geführt, Altertumsschätze, die Jahrhunderte lang nichts weiter als aufgespeicherte Raritäten waren, allein interessant durch eine dunkle Kunde von der Kultur längstvergangener Jahrtausende, für die Wissenschaft, namentlich für die Geschichtsforschung nutzbar und zu einem Mittel genauester chronologischer Zeitbestimmungen zu machen. Ganz besonders ist dies mit den ägyptischen Denkmälern der Fall. Als nach der Auffindung des Steines von Rosette mit der dreisprachigen Inschrift durch den Scharfsinn der Gelehrten: Young, Champollion, Spohn, Lepsius, Seyffarth, Brugsch, Rougé, Uhlemann u. a. m. der Schlüssel zum Lesen der Hieroglyphen gefunden war, wurde damit eine ganz aufserordentlich reiche Litteratur zugänglich. Vorzüglich verdankt man den fleifsigen Arbeiten des verstorbenen Dr. Gustav Seyffarth in Leipzig, eines ebenso tüchtigen Astronomen wie gründlichen Archäologen und besonders bedeutenden Ägyptologen, die interessantesten Aufschlüsse über die Entzifferung der in Hieroglyphen geschriebenen Litteratur im allgemeinen, und insbesondere der astronomischen Aufzeichnungen, durch welche letzteren der Zeitpunkt, wann gewisse historische Ereignisse stattgefunden haben, sich mit mathematischer Gewifsheit bestimmen läfst. — Schon in den ältesten Zeiten konnte es den Menschen nicht entgehen, dafs nicht nur die Sonne mit dem Wechsel von Tag und Nacht, der Mond mit seinem regelmäfsig vorrückenden Auf- und Untergange, die wechselnden Jahreszeiten mit dem Fortschreiten der Sonne auf einer vorgeschriebenen Bahn im engsten Zusammenhange stehen, sondern dafs auch die Fixsterne und die zwischen ihnen wandelnden Planeten in regelmäfsigen Umlaufszeiten kreisen. Eine noch heutzutage nicht ganz verschwundene Konsequenz der Beobachtung der Himmelskörper und ihrer sichtbaren Einflüsse und Wirkungen war der Aberglaube, dafs

man den Gestirnen einen besonderen Einflufs auf alle Begebenheiten und Vorkommnisse zuschrieb, welchen man durch Berechnungen ergründen zu können glaubte. So entstand die vollkommen als Wissenschaft betriebene Sterndeuterei, die Astrologie. Wenn diese systematische Truglehre zunächst die astronomische Wissenschaft sich dienstbar machte und sie zu ihren Zwecken benutzte, so hat sie uns andererseits eben dadurch das Mittel an die Hand gegeben, ihr einen reellen Vorteil für die Wissenschaft abzugewinnen, indem man aus ihren Überlieferungen sichere Beweise für historische Daten herleiten, und sie so zur einzigen Quelle auf anderem Wege nicht zu ermittelnder Wahrheiten hat machen können. Einerseits nämlich sind die Schriften bedeutender Astrologen auf uns gekommen, wodurch wir mit den Regeln und Gesetzen bekannt geworden sind, nach denen sie ihre Schicksalsberechnungen anstellten, und ihre Einteilung des Himmelsraumes sowie die Klassifikation, Gruppiorung und Deutung der Himmelskörper kennen lernten. Andererseits haben die Alten manche geschichtliche Begebenheit dadurch zu verewigen sich bemüht, dafs sie diejenige Konstellation, unter welcher solche stattgefunden, in verschiedenen Monumenten: Schriften, Wandgemälden, Reliefs auf Obelisken, Pyramiden und Tempelwänden aufzeichneten, die bis auf unsere Zeit gekommen sind. Da solche Konstellation der alten sieben Planeten erst in 2146 Jahren einmal sich wiederholen kann, so läfst sich aus ihr der Tag der damit verbundenen Begebenheit astronomisch berechnen. Eben so sicher lassen sich manche geschichtliche Data aus den bekannten astronomischen Zeitperioden, der Sothis- oder Hundssternperiode, der Apisperiode u. s. w. bestimmen, oder durch genau beschriebene Sonnen- und Mondfinsternisse konstatieren, deren Aufzeichnungen uns von den Schriftstellern der Alten überliefert sind.

Ähnlich verhält es sich mit dem Phönix und der Phönixperiode. Bis vor nicht allzulanger Zeit war über den Phönix nichts anderes bekannt, als dafs es ein mythischer Vogel, der ägyptischen Sage entstammt, war, der in Adlergröfse und von Kranichform gedacht und abgebildet wurde, mit langen Hinterkopffedern, mit goldenem und rotem oder auch vierfarbigem Gefieder. Aufserdem, dafs er mit mannigfachen Veränderungen und Zusätzen in die phantastischen Gebilde der jüngeren Märchenwelt verwebt wurde, zeigt auch die älteste Sage vom Phönix mancherlei Abweichungen. Alle 654 oder 540 Jahre (in runden Zahlen alle 600 oder 500 Jahre) sollte er beim Tode seines Vaters aus Arabien nach Heliopolis in Ägypten, der Sonnenstadt, gekommen sein, um seinen Vater, in eine Kugel von Myrrhen gehüllt,

im dortigen Tempel der Sonne zu bestatten. Aufser zur bestimmten Zeit erschien der Phönix auch zuweilen in der Zwischenzeit, kam dann aber nicht aus Arabien, sondern als falscher Phönix, bei dessen Darstellung die Kopffedern fehlen. Nach anderen baute er sich, wenn sein Tod nahte, ein Nest aus Reisig und Myrrhen, auf welchem er starb, worauf aus dem Mark seiner Knochen sich ein Würmchen bildete, aus welchem ein junger Phönix hervorging, der dann das Nest mit den Resten seines Vaters zur Sonnenstadt brachte. Nach anderen endlich verbrannte sich der Phönix selbst, wenn er ein hohes Alter erreicht hatte, auf einem Scheiterhaufen und stieg aus seiner Asche verjüngt hervor. So war der bekannte Phönixmythus von seiner Selbstverbrennung in der Sonnenstadt den Gelehrten lange Zeit ein unerklärliches Rätsel geblieben. Erst in neuerer Zeit ist die Sage nach den verschiedenen Nachrichten alter Schriftsteller und nach Darstellungen auf Denkmälern und Münzen aller Art kritisch untersucht und beleuchtet worden. Auch hier gebührt das Verdienst der Entdeckung und mathematisch sicheren Erklärung jener Allegorie dem Dr. Gustav Seyffarth. Das Wesentliche davon, woraus man ersieht, wie wichtig gerade die Phönixperiode für die Feststellung einzelner Punkte der Chronologie, namentlich der ägyptischen und altrömischen ist, ist Folgendes:

Die Dauer der Phönixperiode wird von verschiedenen Schriftstellern der Alten verschieden angegeben. Es wurden aufserdem ein wahrer und ein falscher Phönix von einander unterschieden. Der wahre Phönix hiefs den Hieroglyphendenkmälern nach Bene oder Benno, der falsche oder aufserordentliche Alloë. Ersterer zeichnete sich in den Abbildungen und Beschreibungen durch lange, hinten am Kopfe abstehende Federn aus und wurde mit buntem Gefieder gedacht, da er im Totenbuche und anderwärts der vierfarbige genannt wird. Interessant und für die Erklärung des Mythus wichtig sind seine hieroglyphischen und anderen bildlichen Darstellungen. Auf dem Obelisk an der Porta del Popolo in Rom ist er, auf einem Holzstofse sitzend, abgebildet und bedeutet dort sowohl wie auch an vielen anderen Stellen den Gott Merkur, ägyptisch Thoth, weil er selbst täte, d. i. der Glänzende genannt wurde. Dies wird auch auf eine erfreuliche Weise bestätigt durch die Isistafel, welche die Nativitäts-Konstellation Trajans enthält und auf welcher der Planetengott Merkur als Götterbote mit seinem Wanderstabe abgebildet ist, wie er den wahren Phönix in der linken Hand hält. Endlich ist besonders auf einem Golddenar des Trajan, von dem mehrfache Abbildungen in

neueren Werken existieren (Eckhel, Creuzer u. a.), der Phönix seinen Kopf durch die Sonnenscheibe steckend dargestellt, was sich auf mehreren anderen Münzen ebenso findet. Aus diesen Beispielen geht deutlich hervor, dafs der Phönix zu dem Planetengotte Merkur in einer Beziehung gestanden, wenn nicht geradezu ihn selbst bezeichnet habe, und dafs, wie die eben erwähnten Münzen beweisen, der Mythus von seiner Selbstverbrennung in der Sonnenstadt ein Verbrennen in der Sonne selbst habe andeuten sollen. Und die von Seyffarth zuerst zur Gewifsheit gesteigerte und mit Berücksichtigung aller Gründe und Gegengründe aufs klarste erwiesene Vermutung liegt nahe, dafs unter dem Phönix der Planetengott Merkur und unter seiner Verbrennung in der Sonnenstadt ein Verbrennen in der Sonnenscheibe zu verstehen sei. Nach Suidas erschien er alle 654 Jahre kurz nach dem Frühlingsgleichentage, indem er aus Osten nach der Sonnenstadt geflogen kam (daher kommt er aus Indien oder Arabien), sich selbst verbrannte und aus seiner Asche verjüngte. Ein falscher Phönix erschien schon nach 540 oder 500 Jahren. Die Angabe bei Suidas, welche Lepsius in seiner phantastischen Erklärung der Phönixperiode gar nicht berücksichtigte, kommt der Wahrheit am nächsten; denn periodische Durchgänge des Merkur durch die Sonnenscheibe kurz nach dem Frühlingsnachtgleichentage wiederholen sich regelmäfsig nach 652 Jahren. Philostratus gab in runder Zahl 600, Herodot 500 Jahre an. Der falsche oder aufserordentliche Phönix scheint sich auf andere Merkurdurchgänge um die Zeit der Herbstnachtgleiche bezogen zu haben.

Diese Phönixperiode ist für die Chronologie Ägyptens von grofser Bedeutung, da das Erscheinen des Vogels als eines der wichtigsten Feste in Ägypten gefeiert wurde, da sich bei vielen alten Schriftstellern Angaben finden, unter welchen Königen dieses bedeutungsvolle Ereignis eingetreten sei und da endlich auf sehr vielen Münzen aus der Ptolemäer- und römischen Kaiserzeit bildliche Andeutungen von Phönixerscheinungen nicht zu verkennen sind (siehe Titelbild). Der wahre Phönix zeigte sich z. B. in folgenden Jahren:

2555 v. Chr. am 6. April unter Sesostris, nach Tacitus;
1904 v. Chr. am 8. April unter Amos, nach demselben;
50 n. Chr. am 15. April unter Kaiser Claudius, nach Tacitus, Suidas, Plinius u. a.

Aufserdem erschien z. B. ein falscher oder aufserordentlicher Phönix, gleichfalls übereinstimmend mit neueren astronomischen Berechnungen:

310 v. Chr. am 21. Oktober unter den Consuln Caj. Jul. Budulcus Brutus III und G. Ämilius Barbula, nach Plinius (X. 2);

227 v. Chr. am 11. April unter Evergeta I, nach Tacitus u. a.;

109 n. Chr. am 19. April unter Trajan, nach einer Goldmünze desselben.

Seyffarth hat auf diese Weise nach einer Anzahl von Münzen, welche sich auf Phönixerscheinungen in bestimmten Jahren beziehen, in 13 Fällen konstatiert, dafs ohne Ausnahme thatsächlich in allen den Jahren, in welche die Alten eine Phönixerscheinung setzten, Merkurdurchgänge stattgefunden haben, und damit den Beweis geführt, — da alle anderen darüber aufgestellten Hypothesen nicht zutreffen und im Gegenteil in fast allen Fällen mit den Überlieferungen und den Berechnungen im Widerspruch stehen — dafs die Bedeutung des Phönixmythus keine andere als die durch ihn zuerst richtig erkannte sei.

Mittheilungen

Über die Fortschritte der Erforschung der Sonne im Jahre 1895 spricht sich Prof. Janfsen zu Meudon bei Paris[1]) folgendermafsen aus:

„Die Photographie der Sonne hat zu Meudon kürzlich einen besonderen Fortschritt gemacht. Die unter den günstigsten Bedingungen aufgenommenen Lichtbilder zeigen, dafs die Fackeln und sogar die Striche der Halbschatten der Sonnenflecke wie die übrige Sonnenoberfläche aus den körnigen Elementen (Granulierungen) gebildet sind. Man kann also behaupten, dafs das Korn oder die kleine photosphärische Wolke ein Element der Photosphäre, wie die Zelle ein solches der organisierten Gewebe, bildet. Diese körnigen Elemente sind sehr klein, ihr Durchmesser kann bis auf ein oder zwei Zehntel der Bogensekunde herabgehen (1 Zehntausendtel oder 1 Zwanzigtausendtel der ganzen Sonnenbreite). Es bedarf freilich ganz ausnahmsweis günstiger atmosphärischer Verhältnisse, um diese Aufschlüsse über die Struktur der Sonnenoberfläche zu erhalten.[2])

Wenn man für die Sonnenthätigkeit — was durchaus nicht einwandfrei ist — die Zahl und die Ausdehnung der auf ihrer Oberfläche wahrgenommenen Flecken als Mafs gelten läfst, so hat dieselbe während des Jahres 1895 fortwährend, wenn auch ziemlich schwach, abgenommen, und diese Abnahme war für die südliche Halbkugel mehr ausgesprochen. Die Flecken haben sich in niedrigen Breiten gehalten. Die betreffenden Arbeiten sind in Italien, Amerika und Deutschland sowie von Guillaume auf der Sternwarte zu Lyon ausgeführt worden, der diese Erscheinungen mit Eifer und Talent verfolgt.

Auch die Protuberanzen erfuhren eine Abnahme, die ebenfalls für die südliche Halbkugel merklicher war. Tacchini und einige andere Beobachter haben die 50. bis 55. nördlichen und südlichen

[1]) Bull. de la Soc. astr. de France Mai 1896, S. 141 ff.

[2]) Der im Erscheinen begriffene 1. Bd. der Ann. de l'Obs. de Meudon wird hierüber eine Abhandlung bringen.

Parallelkreise als die Grenzen angegeben, die für diese protuberantiellen Äufserungen nicht überschritten wurden.

Unter diesen waren nach den Beobachtungen von Evershed die metallischen Protuberanzen sehr zahlreich. Schliefslich erlangte Hale in Chicago, der in seinem grofsen Spektrographen mit so viel Talent und Erfolg das Prinzip des von mir 1869 vorgeschlagenen zweispaltigen Spektrographen anwendet, schöne Photogramme dieser Fackel- und Protuberanzenerscheinungen. Er vermochte eine Protuberanz zu entdecken, die mehr als 10 Bogenminuten, d. h. $^1/_3$ des Durchmessers der Sonne, an Höhe erreichte, was sich sehr dem bisher beobachteten Höhenmaximum nähert. Ein sehr schätzenswerter Beitrag zum Studium der Flecken und aller äufseren Offenbarungen der Sonnenthätigkeit ist die Herausgabe des 10. Bd. des Observatoriums zu Potsdam, welcher die letzten Publikationen des Prof. Spörer enthält — Beobachtungen, welche einen Zeitraum von 9 Jahren umfassen (1884 bis 93).

Die Himmelsphotographie und die Spektralanalyse, die heute gleichsam die beiden Zweige der physischen Astronomie sind, werden am 9. August d. J. noch eine spezielle und wichtige Rolle zu spielen haben bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis. Die Mittellinie der Totalität geht vom nördlichen Japan aus und durchschneidet Sibirien, um beim Nordkap zu endigen. Das Bureau des Longitudes hat bei der Regierung beantragt, den Astronomen Deslandres nach Japan zu entsenden, wohin sich auch eine grofse englische Expedition begiebt. Deslandres' Erfolge am Senegal, die von ihm sonst noch ausgeführten Arbeiten, wie die diesjährigen über das Clèveïtgas und über die Saturnsringe, bei denen die Struktur dieser durch eine geniale und schlagende Methode zur Evidenz gebracht wurde — alle diese Arbeiten bürgen uns sicher für das Gelingen dieser Sendung."

Aus den Schlufsworten des Vortrages citieren wir Folgendes: „Trotz des Reichtums der heute den astronomischen Arbeiten zur Verfügung stehenden Methoden, befinden wir uns gewissermafsen erst bei der Morgenröte der Anwenduugen der Physik auf die Astronomie. Die Photographie hat man bisher erst mit den im sichtbaren Spektrum und dem Ultraviolet eingeschlossenen Strahlen betrieben, wird aber ihre Verwendung auf ein drei oder viermal so breites Spektrum auszudehnen und eine neue Ernte von Entdeckungen zu verzeichnen haben. Auch die Spektralanalyse ist erst bei ihren Anfängen (sic!). Trotz der bedeutenden Resultate kann man sagen, dafs man sich erst im Stadium der empirischen Methode befindet. Sie konstatiert das

Dasein eines Körpers durch das System der von ihm ausgesandten oder von ihm verzehrten Strahlen, kennt aber noch nicht die analytischen Beziehungen, welche diese Strahlen unter einander verbinden.[3] Man wird auf dem Gebiete der Strahlungen den Keplerschen und Newtonschen Entdeckungen analoge zu machen haben. Auch wird man das Studium der Beziehungen des Lichtes, der Elektrizität, des Magnetismus weiter zu treiben haben, und man ahnt grofse Entdeckungen in der Synthese und Verallgemeinerung voraus." —r.

Über veränderliche Sterne, insbesondere über den Veränderlichen Mira Ceti.

Die Versuche, die Veränderlichkeit der Fixsterne zu erklären, sind fast so alt, wie die Entdeckung, dafs es überhaupt Veränderliche giebt. Freilich kam man zunächst nicht über unbestimmte Vermutungen hinaus, und erst der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts war es vorbehalten, an der Hand beobachteter Thatsachen plausible Hypothesen über die Ursachen der Lichtschwankungen bei mehreren Sternen aufzustellen. Doch auch jetzt ist man noch weit davon entfernt, alle hierher gehörigen Erscheinungen ausreichend erklären zu können, und es bedarf noch langer Arbeit, bis die Himmelsforschung hier zu einem befriedigenden Abschlufs gelangt sein wird.

Den Lesern dieser Zeitschrift sind die neueren Entdeckungen auf diesem Gebiete hinreichend bekannt, und ich kann mir daher ein Eingehen auf dieselben versagen; zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen schicke ich jedoch einige unsere Kenntnis über die Veränderlichen zusammenfassende Bemerkungen voraus.

Trotz der grofsen Verschiedenheiten, welche die veränderlichen Sterne in mehrfacher Beziehung aufweisen, lassen sich doch zwei Gruppen derselben unterscheiden: solche, deren Lichtwechsel mit grofser Regelmäfsigkeit erfolgt, und solche, bei denen die Helligkeit in unregelmäfsigen Zwischenräumen wechselt.

Die regelmäfsig Veränderlichen zeigen nun entweder kurze oder lange Perioden; bei den einen beschränkt sich die Dauer des Lichtwechsels auf wenige Stunden, bei den anderen steigt sie bis auf Jahre. Unter den regelmäfsig Veränderlichen von kurzer Periode steht bekanntlich Algol (β Persei) an erster Stelle, bei dem es dem Direktor

[3]) Einen bedeutenden Anfang dieses Studiums bilden die Arbeiten von Kaiser und Runge. Anm. des Übersetzers.

des Aetrophysikaliechen Observatoriume zu Potsdam, Geheimen Regierungsrat Professor Dr. H. C. Vogel, vor einigen Jahren gelungen ist, auf epektrographischem Wege das Vorhandensein eines dunklen Begleiters nachzuweisen und somit den Lichtwechsel zu erklären.[1]) Die übrigen Veränderlichen von kurzer Periode, die wie Algol der Spektralklasse I a angehören, und die man als Veränderliche vom Algoltypue zu bezeichnen pflegt, sind meist zu lichtschwach, um auf sie die für Algol brauohbaren Untersuohungsmethoden anzuwenden, und ee ist daher bis jetzt bei diesen Sternen nicht möglich gewesen, Bahnbewegungen zu konstatieren; bei zwei anderen Veränderlichen von kurzer Periode und sehr regelmäfsigem Lichtweohsel, bei δ Cephei und besonders bei dem wegen eeines doppelten Helligkeitsmaximume und Minimums interessanten Sterne β Lyrae, konnten jedooh Verschiebungen der Spektrallinien nachgewiesen werden, die nur auf periodieche Bewegungen dieser Sterne zurückzuführen eind, womit ihre Duplizität bewiesen iet.

Bei allen anderen veränderliohen Sternen hat man nach den Ergebnieeen der Spektralanalyse und geetützt auf Analogieschlüsse die Ursachen der Veränderlichkeit als innere, den Körpern selbet eigentümliche zu betrachten. Wie auf unserer Sonne mögen bei vielen Sternen Fleckenperioden auftreten; bei anderen mag die Verteilung der auf ihrer Oberfläche eicher vorhandenen Abkühlungsprodukte eine ungleichmäfsige sein und die Veränderlichkeit in Verbindung mit der Rotation stehen. Zur Erklärung besonderer Unregelmäfsigkeiten im Lichtwechsel ist auoh neben der Fleckenbildung die Annahme eines Begleiters zuläseig, der in langgestreckter Bahn eich um den Hauptstern bewegt und zur Zeit des Periastrons bewirkt, dafe die Oberfläche des Körpers zum Teil von der stark abeorbierenden Atmosphäre freigelegt wird, während gleichzeitig im Innern eine Art Flutwirkung stattfindet, infolge deren gewaltige Eruptionen glühender Gasmaseen erfolgen können.

Spektralanalytische Untersuchungen der Veränderlichen im Minimum eind wegen der Schwierigkeit der Beobachtungen infolge der Liohtschwäche der meisten Objekte nicht in der Weise angestellt worden, dafs sie die eben erwähnten Annahmen durch bei derartigen Vorgängen notwendig werdende Änderungen des Spektrums beweisen konnten. Zwar glaubte Secchi, in dem Spektrum von α Orionis Veränderungen wahrgenommen zu haben, darin bestehend, dafe eine Liniengruppe im Gelb zur Zeit des Maximums verschwände; sehr eingehende

[1]) Vergl. Himmel und Erde. II. Band, S. 239.

Beobachtungen aber, welche Geheimrat Vogel über das Spektrum dieses Sternes vor etwa 25 Jahren angestellt hat, haben diese Vermutungen vollkommen widerlegt.

Anders verhält es sich bei einigen Veränderlichen, in deren Spektren zur Zeit des Maximums helle Linien beobachtet worden sind, wie zuerst von Geheimrat Vogel bei R Geminorum. Hier haben neuere Beobachtungen, namentlich spektrographische, Bestätigung gebracht.

Sehr intensiv hell treten, besonders bei dem schon seit 300 Jahren als veränderlich bekannten Stern O oder Mira Ceti, zur Zeit des Maximums die Wasserstofflinien in dem Spektrum auf, welches im allgemeinen ein sehr stark ausgeprägtes Spektrum der Klasse IIIa ist, während bei den übrigen zu dieser Klasse gehörigen Spektren die Wasserstofflinien nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen.

Geheimrat Vogel hat nun dieses interessante Spektrum genau untersucht und die Resultate seiner Messungen in den Sitzungsberichten der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, XVII. Stück, 1896, veröffentlicht. Die zu den Messungen benutzten Spektren waren von dem ständigen Mitarbeiter am Astrophysikalischen Observatorium Prof. Dr. Wilsing hergestellte Spektrogramme.

Die Messungen, die sich auf etwa 100 Linien im Spektrum beziehen, haben ergeben, dafs das Spektrum, abgesehen von den, wie bereits erwähnt, hell erscheinenden Wasserstofflinien, von H γ bis ins Violett hinein vollkommene Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum zeigt; nur sind die Absorptionslinien breiter und treten kräftiger hervor. Es steht dies im Einklang mit den Untersuchungen von Professor Scheiner, nach welchen hierin, kleine Abweichungen ausgenommen, der einzige Unterschied zwischen den Spektren der III. und der II. Spektralklasse in den brechbareren Teilen der Spektren besteht. Von H γ nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums von Mira Ceti treten dagegen die breiten, einseitig nach Rot verwaschenen Absorptionsbänder auf, die für die Spektren der Klasse III a so charakteristisch sind.

Die Reihe der hellen Wasserstofflinien ist nun aber merkwürdigerweise in dem auf den Platten abgebildeten Stücke des Spektrums nicht vollständig. Nahe in der Mitte desselben fehlt die Wasserstofflinie H ε, welche sehr nahe mit der breiten Calciumlinie H im Sonnenspektrum zusammenfällt. Es stellt dies wohl die auffallendste aller bisher gefundenen Eigentümlichkeiten eines Sternspektrums dar, deren Erklärung grofse Schwierigkeiten bereitet und zu Annahmen über eine Konstitution von Mira Ceti führt, wie sie uns kaum vorstellbar erscheint.

Dafs die Hε-Linie wirklich fehlen sollte, d. h. dafs in dem Emissionsspektrum des Wasserstoffs auf dem Stern Mira Ceti an dieser Stelle kein Maximum des Absorptionsvermögens gelegen wäre, ist gänzlich ausgeschlossen, so lange man an dem Grundpfeiler der Spektralanalyse, dem Kirchhoffschen Satze, festhält. Ganz unmöglich aber erscheint diese Annahme, nachdem durch die Balmersche Formel das Gesetz der Wellenlängen der Wasserstofflinien gegeben ist. Die Linie ist also ursprünglich hell vorhanden, aber ihr Licht gelangt nicht zu uns; es mufs irgendwo auf seinem Wege absorbiert worden sein. Die Absorption kann natürlich nur in der Atmosphäre des Sternes selbst erfolgt sein und sie findet höchst wahrscheinlich durch die Dämpfe des Calciums statt, deren absorbierende Wirkung nach der breiten Linie bei 422.5 $\mu\mu$ Wellenlänge und den beiden sehr breiten H-Linien auf Mira Ceti ganz aufserordentlich stark sein mufs. Damit überhaupt Absorption stattfinden kann, mufs die Calciumdampfschicht oberhalb der Wasserstoffschicht, welche die hellen Linien liefert, gelegen sein, und ferner mufs sie eine niedrigere Temperatur haben.

Eine derartige Konstitution ist aber für einen dauernden Zustand für uns undenkbar, da Calcium ein höheres Atomgewicht als Wasserstoff hat und demnach, wie wir es auch auf der Sonne beobachten, nicht so hoch in die Atmosphäre reicht, wie der Wasserstoff.

Plausibler würde die obige Erklärung sein, wenn das Auftreten der hellen Linien bei Mira Ceti ein temporäres wäre und nur zur Zeit des Maximums, nicht auch während des Minimums stattfände. Man würde dann annehmen können, dafs zur Zeit des Maximums solche Umwälzungen vor sich gingen, dafs derartige anomale Verhältnisse auf kurze Zeit bestehen könnten. Leider ist der Stern während des gröfsten Teils seiner Periode so lichtschwach, dafs ein einigermafsen sicherer Aufschlufs über diese Frage durch die Beobachtungen noch nicht gegeben werden konnte.

Nimmt man an, dafs ein Begleiter oder mehrere kleine Körper, ein Meteorschwarm, die Atmosphäre des Sternes zur Zeit seines Lichtmaximums durchschneiden und helle Wasserstofflinien aussenden kann, so müfste man wiederum die gewagte Annahme machen, dafs die äuferste Hülle des Körpers nicht wie bei unserer Sonne Wasserstoff, sondern Calciumdampf sei. Das durch schwache Absorptionslinien charakterisierte Zurücktreten des Wasserstoffs ist allerdings in den Spektren der Klasse IIIa auffallend, und es ist nicht unmöglich, dafs der Wasserstoff in den Gashüllen der Weltkörper, deren Spektrum dieser Klasse angehört, schon zum Teil gebunden ist, wie es bei den Sternen der

Klasse IIIb, bei welchen der Wasserstoff nur in der Verbindung mit Kohlenstoff beobachtet wird, der Fall zu sein scheint. A. Biehl.

Auf der Suche nach Luft.[1])

Es war nicht etwa eine ungewöhnliche, durch ihr seltenes Vorkommen der Auffindung sich entziehende Luftart, sondern gewöhnliche atmosphärische Luft, welche Percival Lowell, dessen schöne Marszeichnungen den letzten Jahrgang unserer Zeitschrift eröffnen, auf einer Weltreise zu suchen auszog. Aber die Luft sollte diejenige sein, welche für astronomische Beobachtungen am geeignetsten wäre, also an Reinheit und Ruhe möglichst wenig zu wünschen lassen. Er selbst hat bereits durch Errichtung seines Flagstaff-Observatoriums auf einem 2300 m hohen Berge in Arizona eben seine schönen Marszeichnungen mit Hülfe eines 18 zölligen Brashearschen Refraktors geliefert; aber er beabsichtigt seine schönen Erfolge noch zu übertreffen und hat ein 24 zölliges Instrument von Alvan Clark in Boston beschafft, für das er jetzt den geeigneten Standpunkt sucht. Man sollte meinen, je mehr man sich von der Erdoberfläche erhebt, desto geringer müsse der Einfluſs der Luft auf die Beobachtungen sein. Denn einmal sind die unteren Schichten der Atmosphäre die hauptsächlich staubbeschwerten, und dann nimmt mit der Länge der zurückgelegten Luftstrecke von selbst auch die Absorption zu, welche der Lichtstrahl erfährt. Also müſsten die Spitzen der höchsten Berge die besten Orte für astronomische Beobachtungen sein. Aber die genauere Untersuchung hat gezeigt, daſs gerade dort oben die Unruhe der Luft derartig zunimmt, daſs der angedeutete Vorteil in einen Nachteil verkehrt wird,[2]) der noch durch die vielfach schlechte Wetterlage auf Bergeshöhen erhöht wird.

Also Lowell begab sich auf die Reise, um den für die Aufstellung seines Fernrohres möglichst günstigen Fleck Erde zu suchen. Unter der Annahme, daſs trockene Luft feuchter bedeutend überlegen sei, wandte er sich zuerst Algerien zu und besuchte verschiedene Gegenden der Sahara. Darauf ging er nach Istrien, wo die auſserordentlichen Erfolge des Beobachters Leo Brenner von der Manorasternwarte zu Lussinpiccolo besonders günstige Luftzustände vermuten lieſsen. Wenn hier mit einem 7-zölligen Refraktor jeder Konkurrenz

[1]) J. of the Br. Astr. Ass. VI, 6 S. 266.
[2]) H. u. E. Bd. IV, S. 218.

mit den Fernrohrriesen der alten und neuen Welt die Spitze geboten würde, so müfste — dachte er — die krystallene Reinheit der Luft daran das erste Verdienst haben. Aber wiederum wurden seine Erwartungen enttäuscht. Er fand die Luft nicht besser, als etwa in Boston, wo die Clarks ihre Instrumente herstellen nnd prüfen. Also kehrte er der alten Welt wieder den Rücken, um in Mexiko oder Peru das gesuchte astronomische Dorado zu finden oder schliefslich mit dem Flagstaff-Observatorium sich genüge zu thun. Bei seinem Aufenthalte in Lussin wird er wohl eingesehen haben, dafs die Luft kaum der Stein der Weisen ist, mit dem das Gold astronomischer Entdeckungen hervorgezaubert wird. Denn mit Brenner beobachtend hat er gesehen, dafs einmal dessen verhältnismäfsig kleines Instrument unübertroffen schöne und klare Bilder der Planetenoberflächen bietet, dann aber auch — wie erst kürzlich[3]) Fauth in Landstuhl bei einem Besuche in Lussin erfahren hat —, „dafs dort ein Beobachter thätig ist, wie ihn ein Jahrhundert vielleicht nur wenige Male hervorbringt.“ Das Auge des Beobachters und das Rohr sind eben weit mehr ausschlaggebend, als die Luft. Das hätte auch das Beispiel Schiaparellis zeigen können, der mit seinem Achtzöller die unerhörten Erfolge hatte, welche alle mit den günstig gestellten Riesenrohren angestellten Beobachtungen in den Hintergrund treten liefsen. In der That läfst sich bei Ausdauer und guten Augen vieles selbst mit noch kleineren Instrumenten erreichen, was mit Fernrohrgiganten nicht leichter zu entdecken ist. Sm.

Mehr Licht an den Polen!

Die Zeichen dafür, dafs die Polargegenden uns bald mit hinreichender Genauigkeit bekannt sein werden, sind gute. Noch fehlen freilich sichere Nachrichten über den Verbleib Frithjof Nansens, der sich mit seinem Schiffe „Fram“ von der Gegend der neusibirischen Inseln nach der Ostküste Grönlands durch die dort herrschende Meeresströmung am Nordpol vorbeischieben lassen will. Die Existenz dieser hilfreichen Strömung ist kaum in Frage zu stellen, denn zu den älteren Zeugnissen, welche die Bruchstücke des Schiffes Jeanette von der Nordküste Sibiriens und ein Wurfbrett aus Alaska dafür abgaben, indem sie bis Grönland gelangten, gesellten sich später die in Eisschollen bei Grönland eingeschlossene Pflanzenerde, welche der Geologe

[3]) Mitt. d. V. A. P. VI, 6 S. 107.

Törnbom als von Sibirien stammend erkannte und in welcher Prof. Clève dieselben Kieselalgen nachzuweisen vermochte, welche der eismeererfahrene Baron Nordenskiöld nur an der Behringsstrafse und sonst nicht in arktischen Gegenden gefunden hat. Der Erfolg Nansens ist sehr wohl möglich, wenn auch nicht über allen Zweifel erhaben, und es bleibt uns nur übrig, dem entsagungsvollen, kühnen Forscher glücklichen Weiterschub zu wünschen.

Der zweite nicht minder kühne Plan, dessen Ausführung gerade jetzt geschieht, ist Andrées Ballonreise zum Nordpol.[1]) Das Schiff „Virgo" mit der kühnen Ballonbesatzung an Bord ist wohl in Spitzbergen angekommen, um von dort den Aufstieg und die Reise nach dem nördlichsten Punkt des Planeten anzutreten. Auch dieses Riesenplanes Erfolg ist begreiflicher Weise in Dunkel gehüllt. Wird es den mutigen Luftreisenden gelingen, der Kälte, welche trotz des langen Polartages in den oberen Luftschichten hier doppelt unangenehm sein dürfte, lange genug stand zu halten? Wird der Ausgleich der irdischen Elektrizitäten sich wirklich stete so sanftmütigen Charakters erweisen, wie er aller Erfahrung gemäfs an den Polen ist? Hoffen wir, dafs alle Gefahren kleiner seien, als Kraft und Mut der Forscher.[2])

Mit demselben Schiffe gehen eine Reihe geologischer, zoologischer und hydrographischer Forscher nach Spitzbergen, um die Natur des bisher nur an seinen Küsten bekannten Landes der Wissenschaft zu erschliefsen, und von England trifft zugleich eine Expedition dort ein, welche die Durchquerung Spitzbergens oder doch mindestens die Erforschung des Innern sich zum Ziele gesetzt hat, in welches bisher erst der Franzose Ribot nicht viel weiter als zwei deutsche Meilen eingedrungen ist.[3]) Und nicht blofs auf die berufsmäfsigen Forscher übt das nordische Eiland eine wohlberechtigte Anziehungskraft aus; die Sucht, das Unbekannte, den meisten Menschen Unerreichbare zu sehen, führt bereits Touristen in diese grofsartigen, unwirtlichen

[1]) Vergl. über die Möglichkeit derselben H. u. E. Bd. VIII, S. 283 ff.

[2]) Um den kühnen Forschern ihren Plan ein wenig zu erleichtern, hat die kais. russ. geograph. Ges. an die Nordgrenzen Rufslands eine Reihe von Mitteilungen versendet, die den Zweck haben, Andrée, wenn er seinen Abstieg auf russischem Gebiete nehmen sollte, Hilfe zukommen zu lassen. Die Leute werden ermahnt, sich durch den Ballon nicht erschrecken zu lassen und die Luftschiffer nach ihrer Landung der nächsten Regierungsautorität zuzuführen. Auch soll die Richtung des Ballons, wenn er in der Luft erblickt wird, festgestellt und berichtet werden. (Die Natur, 1896. April 16.)

[3]) Das Schiff unter Ed. Conway sollte Anfang Juni abgehen und im September zurückkehren. Die Ausbeute von den Küsten und die übrigen Sammlungen sollen Eigentum des British Museum werden.

Gegenden, und deutsche und norwegieche Dampfer befördern dieselben um die Wette, ja durch Erbauung einee Hotels am Eisfjord wird das Mafs der Entbehrungen auf ein Minimum herabgedrückt. Möchte dieses Hotel, das ist unser Wunsch, auch als dauernde Station solchen Männern dienen, die der Wissenschaft im langen Sommertage und der nicht kürzeren Winternacht zu dienen sich befleifsigen. Dauernde Stationen in den Polargegenden sind, worauf erst neulich Prof. Janfsen in Paris zu sprechen kam,[4]) — und er ist eine Art von Fachmann durch seine häufigen Montblancbesteigungen und die Errichtung seines Observatoriums — für die fernere Erforschung jener Regionen von der eminentesten Wichtigkeit. Wenn man, statt immer von neuem die alten Probleme der nordöstlichen Durchfahrt und des Nordpols aufzunehmen, zielbewufst immer eine Station nach der andern dort angelegt hätte, so wäre man etappenweise vorwärts kommend in viel kürzerer Zeit zur Durchforschung der eisigen Klimate gelangt und hätte zahllose Menschenleben und das Geld für viele nutzlos ausgesandte Expeditionen erspart. Einzelforschung in jenen Gegenden ist auch sonst an der Tagesordnung. Die Recherchebai Spitzbergens ist 1895 von der Mannschaft des englischen Schutzgeschwaders genau vermessen und aufgenommen worden, und eine russische Expedition unter Th. N. Tschernischeff[5]) nach Nowaja Semlja im selben Jahre hat die Möglichkeit einer Durchquerung der Südinsel dieses von Schneewüsten, Gletschern und Moränen erfüllten, völlig vegetationslosen Archipels erwiesen. Die Küsten des nördlichen Eismeers aber wurden von A. J. Wilkizkij erforscht und insbesondere die Mündungen der grofsen sibirischen Ströme genauer bekannt.[6])

Somit erfreut sich der den ältesten Kulturstaaten so viel näher liegende nördliche Pol nach wie vor des gröfsten Interesses. Aber wie steht es mit der Erforschung der südlichsten Regionen der Erde? Schon die Geschichte der Entdeckungen zeigt, dafs der Südpol das Stiefkind erdkundlicher Forschung gewesen ist. Nachdem Grahamsland um dieselbe Zeit wie Spitzbergen von Holländern entdeckt war, vergehen 157 Jahre, bis Spanier Südgeorgien finden. 1771 ward Kerguelenland von Franzosen und wiederum erst 50 Jahre später Alexanderland von den Russen entdeckt. Dann kommt ein Jahrzehnt, das von 1831—41, welches dem Südpol eine Reihe mutiger Männer

[4]) Bull. Soc. astr. de France, Mai 1896, S. 143 ff.
[5]) Nat. Wochenschr. XI, S. 181.
[6]) Globus Bd. 69, S. 327.

zuführt, und 1840 waren die Vertreter dreier Kulturnationen, Rofs aus England, Dumont d'Urville aus Frankreich und Wilkes von den Vereinigten Staaten Nordamerikas, selbständig in den australen Gewässern, wo insbesondere Rofs die Entdeckungen machte, welche ihrer Zeit soviel berechtigtes Aufsehen erregten. Damals sahen er und seine Gefährten zuerst jene Riesenschlote in dem von ihnen entdeckten Viktorialand, die zur Höhe von 3300 resp. 3700 m emporsteigenden, nach ihren Schiffen Erebus und Terror genannten Vulkane, und sie werden wohl — bis auf die Mannschaft eines norwegischen Walfischfängers, der im vorigen Jahre zurückkehrte — die einzigen Sterblichen geblieben sein, die bisher die feurigen Eisberge erblickt haben. Während seitdem kein Jahr vergangen ist, in dem man nicht „etwas Neues aus Afrika“ erfahren hätte und die weifsen Stellen auf den Karten aller Weltteile fast völlig verschwunden sind, ist vom Südpol nichts zu berichten. Freilich hat die Expedition des von England zur Entdeckung der Meere ausgesandten Challenger sich auch der Erforschung des antarktischen Meeres unterzogen und 1874 unter Sir George Nares die Kerguelen-, Heart- und Macdonaldsinseln untersucht, um dann weiter bis zum südlichen Polarkreise vorzudringen, und um dieselbe Zeit hat Kapitän Dallmann dem Grahamsland einen Besuch abgestattet. Auch sind norwegische und schottische Walfischfänger in den letzten Jahren durch die Masse der Eisberge bis in die Gegend des südlichen Polarkreises vorgedrungen, haben die von Rofs und d'Urville entdeckten Länder wiedergesehen, welche bis auf die steilen und schwarzen, also wahrscheinlich aus vulkanischem Gestein bestehenden Hänge schneebedeckt waren,[7]) und uns manchen wertvollen Beitrag zur Kenntnis jener Gegenden geliefert; aber diese kurzen, nur zu praktischen Zwecken unternommenen Expeditionen haben blofs die Wichtigkeit der genauen Erforschung der arktischen Gebiete dargethan.

Auf diese ist auch seit Jahren von vielen Berufenen hingewiesen worden. So hat Neumayer, der Direktor der deutschen Seewarte, kaum einen deutschen Geographentag vorübergehen lassen, ohne auf das nachdrücklichste zur Erforschung des Südpols aufzufordern. Wenn er aber bereits 1887 zu Karlsruhe ausgesprochen hat, dafs die jahrelangen Bemühungen Früchte zu tragen anfangen, so reifen diese jedenfalls leider sehr langsam, denn wir haben nicht vernommen, dafs die unter Nordenskiöld geplante Expedition, die von den australischen Kolonien aus wie von Schweden mit grofsen Geldmitteln unterstützt

[7]) Globus 1893. S. 315.

1892 auf die Reise gehen sollte, noch sonst eine gröfsere Expedition zu stande gekommen ist. Auch ist auf dem vorjährigen internationalen Kongrefs zu London die Resolution zur Annahme gelangt: dafs die Erforschung der antarktischen Gegenden das gröfste noch zu unternehmende Stück der erdkundlichen Forschung ist; dafs angesichts der wachsenden Erkenntnis in fast jedem Zweige der Wissenschaft, welche aus einer solchen wissenschaftlichen Erforschung hervorgehen würde, der Kongrefs empfiehlt, dafs die wissenschaftlichen Gesellschaften auf dem ganzen Erdball mit den ihnen am wirksamsten erscheinenden Mitteln auf die Ausführung dieser Arbeit vor Schlufs des Jahrhunderts dringen sollten.[8])

Ganz neuerdings erst scheint die vereinte Anstrengung aller Rufer im Streit für die Südpolforschung günstige Erfolge zu zeitigen. Der Amerikaner Dr. Cook geht mit zwei kleinen Segelschiffen nach Grahamsland, um dort zu überwintern. Ein kleiner wissenschaftlicher Stab begleitet ihn nach jener Gegend, in welcher Weddell 1823 über den 74. südlichen Parallel hinausgelangte. Aber es ist zu fürchten, dafs seine Ausrüstung einem weiteren Vordringen nicht förderlich ist.[9]) Ein weiterer Schritt soll im September d. J. geschehen unter den Auspizien der Kgl. belgischen geographischen Gesellschaft, welche die erforderlichen 200 000 M. durch öffentliche Subskription aufzubringen hofft. Lieut. A. de Gerlache soll die Expedition leiten, ein starker wissenschaftlicher Beirat das Schiff begleiten, welches an der Ostküste von Grahamsland nach Süden zu gelangen suchen wird.

Der vorjährige deutsche Geographentag hat in Bremen ebenfalls ein Komité für eine Südpolfahrt gewählt, welches einen genauen Plan und Anschlag für die Kosten ausgearbeitet hat, die von der Nation, nicht von der Regierung aufgebracht werden sollen. Diese Expedition soll die meteorologischen und magnetischen Daten für das antarktische Gebiet liefern, geodätische Beobachtungen anstellen und zoologische, botanische und geologische Sammlungen zusammenbringen, das antarktische Eis studieren und die noch unberührte Polarregion erforschen. Daher wird eine Station zur Überwinterung ausgestattet werden, und ein Schiff soll im nächsten Hafen bleiben, das zweite, während

[8]) Dr. Hugh Robert Mill in Nature, 1896, Mai 14. S. 29, dem wir auch im folgenden uns anschliefsen. Ebenso wie der von ihm so hoch geschätzte Neumayer — einen grand old man nannte er ihn dem Referenten gegenüber — empfiehlt Dr. Mill seinen Landsleuten die antarktische Forschung als nationales Werk. Wir wünschen ihm guten Erfolg.

[9]) Diese Expedition scheint keine unmittelbare Aussicht auf Verwirklichung zu haben.

des Winters im südlichen Eismeer kreuzend, ozeanographische Untersuchungen anstellen. Der Punkt, an welchem die Kiele der Schiffe ansetzen sollen, um dem Ozean neue Gebiete abzutrotzen, soll südlich von der Kergueleninsel sein, weil südlich vom indischen Ozean noch nie ein Versuch gewagt wurde. Auf der Kerguelen- und der Macdonaldsinsel werden magnetische und meteorologische Beobachtungen von besonderem Werte sein, weil sie in der Mitte zwischen den grofsen Observatorien von Melbourne und Kapstadt und ebensoweit von demjenigen auf Mauritius liegen. Zwei Schiffe von je 400 Tonnen vom Typus der Dampfwalfischfänger, mit je 4 Offizieren, einem wissenschaftlichen Stabe von je 4 Männern und einer Mannschaft von je 22 Leuten sollen 3 Jahre fortbleiben und zwei Winter in den antarktischen Regionen zubringen. Man schätzt die Kosten auf 950000 M., und das deutsche Volk wird angerufen, sie aufzubringen.

Wir glauben, dafs der deutsche Nationalstolz keine bessere Bethätigung finden könnte, als wenn er die Deutschen veranlafste, bei wissenschaftlichen Entdeckungen nicht die Reihe der Vorkämpfer zu verlassen, in der sie bisher gestanden haben. Es giebt auch gar keinen edleren Streit unter den Nationen, als den um die Palme für wissenschaftliche Grofsthaten, wie sie die Erforschung der Südpolarregion ohne allen Zweifel ist.

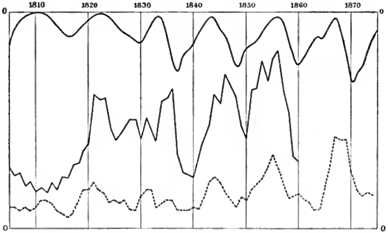
Das eben ist der Charakter moderner wissenschaftlicher Arbeit dafs sie, den direkten materiellen Lohn mifsachtend, blofs das Wachsen der Erkenntnis im Auge hat. Die Entdeckungsreisen alter Zeit lassen sich nur verstehen aus dem Gesichtspunkte des Gelderwerbes, und bei den neueren hat dieser Gesichtspunkt in vielen Fällen auch den Ausschlag gegeben und oft Gutes gewirkt. Die Erforschung der Polargegenden ist dagegen so unbeeinflufst von der Rücksicht auf materiellen Gewinn, dafs man in diesen Reisen die idealste Arbeit erkennen mufs, welche Forscher leisten können. Es bedarf dazu der selbstlosen, unverdrossenen, mutigen Seelen, wie sie zum Glücke für die Wissenschaft nicht aussterben.[10] Sm.

[10]) Es soll damit nicht gesagt sein, dafs die Südpolarforschung nicht auch praktische Erfolge zeitigen kann, wie erst am 13. Juni Neumayer in Berlin wieder ausgeführt hat. So wird die Festlegung günstiger Schiffahrtslinien wesentlich davon abhängen, wo das antarktische Treibeis zu erwarten ist, auch ist von vornherein klar, dafs magnetische Beobachtungen für die Steuerung von ungeheurem Werte sind. Wenn ferner über die antarktischen Fische erst genauere Nachrichten vorliegen und vor allem über die Verbreitung der verschiedenen Gattungen der Wale sichere Beobachtungen angestellt sind, so

Parallelismus zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und der Vulkanausbrüche.

Im Oktoberhefte dieser Zeitschrift findet sich auf S. 54 eine vorläufige Anzeige des Werkes von Luigi De Marchi über die Ursachen der Eiszeit, auf Grund eines Berichtes von Schiaparelli. Inzwischen ist das vom Istituto Lombardo preisgekrönte Werk unter dem





Titel: „Le cause dell'era glaciale“ zu Pavia erschienen. In diesem Werke findet sich nun, als Nebenprodukt der eingehenden und mühevollen Untersuchungen des Verfassers, auf S. 192—194 eine höchst interessante Beziehung zwischen den Sonnenflecken und den irdischen

werden den Fischfängern sichere Richtungen gegeben und ihnen manches Umhertappen erspart werden. Aber wesentlich bleibt doch die reinwissenschaftliche Arbeit, von der Neumayer den von den Beziehungen der Gravitation und des Erdmagnetismus handelnden Teil als besonders der Förderung bedürftig erwähnte.

Vulkanen aufgedeckt, derart, dafs die Ausbrüche der letzteren in den Jahren 1840—75 zur Zeit der Fleckenminima etwa doppelt so häufig waren wie zur Zeit der Fleckenmaxima.

De Marchi hat seine Zahlenreihe, die wir weiter unten mitteilen, durch Auszählung der beiden neuesten ihm bekannten Listen vulkanischer Ausbrüche von Fuchs[1]) und von Rollo Russel[2]) gewonnen, indem er Ausbrüche, die in beiden Listen aufgeführt sind, nur je einmal zählte.

Dieselbe Beziehung zwischen Sonnenflecken und vulkanischen Ausbrüchen hat nun E. Kluge bereits im Jahre 1863 in zwei Schriften dargelegt.[3]) Die von ihm beigebrachten Zahlen zeigen sogar die Periode in den Jahren 1818—1840 viel deutlicher als jene De Marchis. Dagegen bietet die starke Schwankung während der Jahre 1860—75, die bei Kluge noch fehlt, in den Zahlen von De Marchi eine sehr wesentliche Bekräftigung des merkwürdigen Gesetzes. Jene Schriften von Kluge sind mir gegenwärtig nicht zur Hand; allein unter meinen Papieren aus den Jahren 1872 und 73, in denen ich mich mit den Beziehungen der Sonnenflecken zur Lufttemperatur beschäftigte, finde ich eine Abschrift seiner Zahlen.

Vor 1820 ist die Anzahl der Ausbrüche, offenbar wegen Unvollständigkeit der Berichte, sehr viel kleiner, als seitdem; die älteren Zahlen sind daher von geringerer Beweiskraft. Ich will deshalb mich mit deren graphischer Darstellung auf der vorstehenden Figur begnügen und nur für die neuere Zeit zur Ergänzung der Kurven auch die numerischen Werte in einer Tabelle mitteilen. Die Tabelle giebt die beiden Zahlenreihen von De Marchi und Kluge[4]) sowohl direkt (Kolumnen a), als unter Ausgleichung der kürzeren Schwankungen (Kolumnen b) durch die Bildung dreijähriger Mittel (Kluge) oder Summen (De Marchi). In der Figur giebt die obere Kurve die Sonnenflecken-Anzahl, die ausgezogene gebrochene Linie die Triennialzahlen der Klugeschen Reihe, die gestrichelte gebrochene Linie diejenigen der Reihe von De Marchi wieder. Die Nulllinie für die Sonnen-

[1]) Vulcani e Terremoti. Biblioteca scientifica internazionale, vol. XXVII. Milano 1881.

[2]) The Eruption of Krakatoa and subsequent phenomena. London 1888, pp. 384—405.

[3]) Über Synchronismus und Antagonismus von vulkanischen Eruptionen. Leipzig 1863. — Über einige neue Forschungen auf dem Gebiete des Vulkanismus (Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1863).

[4]) Bei letzterem die Zahl der „Eruptionen" plus der Hälfte der „Repetitionen".

flecken liegt am oberen, jene für die vulkanischen Ausbrüche am unteren Rande der (in zwei Stücke geteilten) Figur: ein Fallen der Linie bedeutet bei den Flecken Zunahme, bei den Ausbrüchen Abnahme der betreffenden Erscheinung; der Parallelismus der Linien tritt bei dieser Anordnung am deutlichsten hervor. Wie man sieht, zeigen die beiden für die vulkanischen Ausbrüche vorliegenden Reihen unter sich zwar viele Abweichungen, aber beide auffallende Übereinstimmung mit der Kurve der Sonnenflecken, eine Übereinstimmung, die auch dort, wo sie bei einer der Reihen verschwindet, meistens bei der andern doch zu finden ist. Gerade die Verschiedenheit der beiden Reihen für die Ausbrüche und ihre unabhängige Entstehung giebt ihnen den Charakter teilweise unabhängiger Zeugnisse.

Jahr	De Marchi		Kluge		Jahr	De Marchi		Kluge		Jahr	De Marchi[1]	
	a	b	a	b		a	b	a	b		a	b
1821	4	**14**	9	12,7	1841	2	6	5	6,2	1861	4	9
22	**5**	12	**19½**	**12,2**	42	2	10	8	9,7	62	*2*	8
23	3	11	8	12,3	43	**6**	14	16	10,5	63	*2*	*6*
24	3	8	9½	9,3	44	**6**	**16**	7½	12,7	64	*2*	*6*
25	*2*	9	10½	8,3	45	4	**14**	14½	11,7	65	2	13
26	4	8	5	9,0	46	4	11	13	**14,5**	66	9	18
27	2	9	11½	9,8	47	3	9	**16**	13,3	67	7	**27**
28	3	*6*	13	10,3	48	*2*	*7*	11	12,5	68	**11**	26
29	*1*	*6*	*6½*	10,3	49	*2*	10	10½	9,8	69	8	26
30	2	10	11½	*8,5*	50	6	9	8	*8,5*	70	7	17
1831	**7**	**12**	7½	10,5	1851	1	12	*7*	13,2	1871	*2*	12
32	3	**12**	12½	9,3	52	5	10	24½	13,3	72	3	10
33	2	**7**	8	*8,2*	53	4	15	8½	16,0	73	5	11
34	2	8	4	12,0	54	6	18	15	14,0	74	3	10
35	4	9	**24**	12,3	55	8	**22**	18½	16,2	75	2	7
36	3	9	9	**13,2**	56	8	18	15	**17,0**			
37	2	*6*	6½	7,0	57	2	13	17½	13,0			
38	*1*	*6*	5½	5,3	58	3	9	6½	11,0			
39	3	*6*	4	5,0	59	4	10	9	6,7			
40	2	7	5½	*4,8*	60	*3*	11	*4½*	*6,3*			

[1]) Kluges Liste endigt mit 1861, 5½ Erupt.

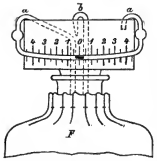
Diesen ausführlichen positiven Zeugnissen gegenüber erscheinen die vorliegenden negativen von geringerem Gewicht. Nach Fritz: Period. Erschein. der Metereol. und Kosmol., S. 367, hat Poey bei einer Untersuchung der Erdbeben der Antillen und Mexicos und der ihm bekannt gewordenen Vulkanausbrüche der ganzen Erde „höchstens einen geringen Überschufs der Erscheinungen zur Zeit der Fleckenminima" gefunden. Poyes Arbeit, die in den Comptes Rendus, Bd. 78,

1874, S. 51 steht, habe ich noch nicht vergleichen können; **Fritz** selbst fand „für 122 zwischen 1612 und 1868 vorgekommene Vulkanausbrüche auf die 3 den Fleckenmaxima und -minima zunächst fallenden Jahre je 32 Ausbrüche, auf die 5 den Maxima zunächst fallenden 48, auf die 5 den Minima zunächst fallenden 52 Vulkanausbrüche“.

Wie interessant der sichere Nachweis eines Zusammenhanges zwischen Vulkanen und Sonnenflecken wäre, brauche ich nicht auszuführen. Eine nochmalige Bearbeitung der Frage unter Sichtung des Materials und Hinzuziehung der 20 seit 1875 verflossenen Jahre wäre sehr zu wünschen. Nur mufs bei den Zusammenstellungen volle Objektivität sichergestellt sein, wenn das Ergebnis beweisend sein soll. Wird das Augenmerk auf gewisse Jahre vorzugsweise gerichtet, so kann gar zu leicht eine unabsichtliche Täuschung zu stande kommen.

W. Köppen.

Das Variometer. Einen äufserst sinnreichen, einfachen Apparat zur leichten Beobachtung sehr geringer, plötzlicher Luftdruckschwankungen, die das gewöhnliche Barometer gar nicht anzuzeigen vermag, hat der bekannte Elektrotechniker v. Hefner-Alteneck jüngst unter dem obigen Namen in die Praxis eingeführt. Eine mit Luft gefüllte Flasche ist durch einen zweifach durchbohrten Gummipfropfen verschlossen, in welchen zwei gebogene Glasröhrchen eingesetzt sind, wie es unsere, der Zeitschrift für den physikalischen Unterricht entnommene, Figur erkennen läfst.



Das am Ende offene Röhrchen a ist im tiefsten Teile eines nahezu wagerecht geführten Stückes durch einen gefärbten, leicht verschiebbaren Tropfen Petroleum verschlossen, während das zweite Röhrchen b mittelst einer sehr fein ausgezogenen Spitze das Flascheninnere direkt mit der äufseren Luft in Kommunikation setzt. Treten nun langsame Schwankungen des äufseren Luftdrucks ein, so können sich dieselben durch jene Spitze ohne weiteres auch auf die in der Flasche enthaltene Luft ausdehnen; ist jedoch die Druckänderung eine plötzliche, so wird zunächst die Luft durch die

sehr feine Spitze bei b nicht mit hinreichender Schnelligkeit aus- oder einströmen können, um einen sofortigen Ausgleich zu stande zu bringen; dieser wird sich alsdann vielmehr durch eine geringe Verschiebung des Petroleumtropfens nach rechts oder links vollziehen. Es folgt aus dem Gesagten, dafs die gewöhnlichen, langsamen Änderungen des Barometerstandes auf den Stand des Petroleumtropfens keinen Einflufs haben werden, während jede momentane Druckschwankung mit der äufsersten Empfindlichkeit angezeigt werden mufs. Damit Temperaturänderungen den Stand des Instruments ebensowenig wie die Barometerstandsschwankungen beeinflussen können, ist die Flasche noch in eine die Wärme schlecht leitende Umhüllung verpackt, sodafs eben auch alle Temperaturänderungen sich nur sehr langsam der eingeschlossenen Luft mitteilen können und daher wirkungslos bleiben werden. Auf diese Weise ist ein ganz einfaches Hilfsmittel[1]) geschaffen, das eine Reihe instruktiver und wichtiger Versuche einem gröfseren Kreise mit leichter Mühe deutlich zu demonstrieren gestattet. So ist z. B. die Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe leicht im Zimmer weithin sichtbar zu konstatieren, wenn man das Variometer erst auf den Fufsboden stellt und dann möglichst hoch emporhält; ja bei nahem Hinsehen ist sogar schon eine Erhebung um einen einzigen Dezimeter von deutlicher Wirkung. Aber auch bei ruhiger Stellung des Instruments treten, besonders an Tagen mit stark bewegter Luft, bald mehr bald weniger häufig kleinste Schwankungen auf, von denen das Barometer meist nichts verraten würde. Diese kleinsten Druckänderungen, die bei besonderer Intensität das sogenannte „Pumpen" der gewöhnlichen Barometer bedingen, sind den kleineren Wellen der Meeresoberfläche zu vergleichen, die von dem langsamen Steigen und Sinken der Flut unabhängig sind und oft ihre eigenen Ursachen haben. Für die Meteorologie wird gewifs auch die fortlaufende Beobachtung dieser kleinen, schnellen Schwankungen des Luftdrucks von Interesse sein, und es ist daher das Variometer auch von dieser Seite als ein das Barometer in wertvoller Weise ergänzendes Instrument mit Freude zu begrüfsen. F. Kbr.

Thermophon hat der amerikanische Ingenieur Herr G. Whipple von der Civil-Ingenieurschule zu Keeseville im Staate New-York ein elektrisches Fernthermometer benannt, das auf der altbekannten

[1]) Der komplette Apparat wird von Warmbrunn und Quilitz in Berlin zum Preise von 3,60 Mk. geliefert.

Thatsache beruht, dafs die Metalle mit einer Temperaturänderung auch den Widerstand ändern, welchen sie dem Durchgang eines elektrischen Stromes entgegensetzen. Das Galvanometer einer Wheatstoneschen Brücke, deren Prinzip wir hier als bekannt voraussetzen müssen, wird demnach verschiedene Ausschläge geben, je nach der Temperatur, der wir die beiden Arme der Brücke aussetzen. Als Arme hat Herr Whipple zwei Widerstandsrollen, die eine aus Kupfer, die andere aus Neusilber gewählt, die mit einander und mit dem beweglichen Schlitten verbunden an der Stelle angebracht werden, wo man die Temperatur messen will. Ähnlich wie man mittelst des in den Stromkreis eingeschalteten Galvanometers gewöhnlich Widerstände messen kann, kann man hier, wo man immer bis auf die Temperaturwirkung die gleichen Widerstände hat, mittelst des Galvanometers die Temperatur messen und, wenn nötig, auch in einfacher Weise registrieren.

Besonders brauchbar ist das Instrument aber bei Einschaltung eines Telephons an die Stelle des Galvanometers. Der Strom, der dann bei Schlufs des Apparates durch das Telephon geht, erzeugt bekanntlich einen Ton, dessen Stärke von dem Widerstand in der Leitung abhängig ist, also von der Temperatur der obenerwähnten Widerstandsrollen. Da man mittelst eines verschiebbaren Kontaktes leicht den Widerstand in der Leitung beliebig verändern kann, so ist es natürlich immer möglich, den Ton so abzuschwächen, dafs er unhörbar wird. Die Gröfse der notwendigen Verschiebung ist nun verschieden je nach dem Widerstand, den die obengenannten Rollen ihrerseits schon geben, und sie bietet daher ein Mafs für die Temperatur an der Stelle, wo die Rollen sich befinden.

Die Methode der Widerstandsbestimmung mittelst Telephons, das in eine Wheatstonesche Brücke eingeschaltet ist, ist übrigens auch früher schon angewendet, z. B. bei der Prüfung von Blitzableitern, wo sie äufserst bequem und sicher ist, da man sehr genau die Stelle bestimmen kann, wo der Ton verschwindet.

Das Thermophon ist schon praktisch erprobt worden. In einem See (dem Champlain-See) wurden die Temperaturen mit diesem Instrument bis zu Tiefen von etwas über 100 m bestimmt.

St.

Bibliographisches

Wildermann: Jahrbuch der Naturwissenschaften 1895—1896. Freiburg i. B. Herderscher Verlag, 1896. Preis geb. 7 M.

Schon wiederholt haben wir unsere Leser auf die treffliche Zusammenstellung aller wesentlichen Fortschritte auf den Gebieten der reinen und angewandten Naturwissenschaften, wie sie unter Wildermanns umsichtiger Redaktion alljährlich geboten wird, aufmerksam gemacht. Wir können unsere Empfehlung auch dem neuen, elften Jahrgang gegenüber aufrecht erhalten. Leser dieser Zeitschrift werden namentlich aus den von uns wenig oder garnicht berücksichtigten naturwissenschaftlichen Disciplinen die wichtigeren Fortschritte in anregender Form gewifs gern zusammengestellt sehen, und sind gerade solche Wissensgebiete, wie Biologie, Länder- und Völkerkunde, Verkehr, Handel, Industrie und Technik in trefflicher Weise in dem vorliegenden Bande wieder behandelt worden. Wenn wir auch einen kleinen Wunsch äufsern dürfen, so würden wir eher zur Einschränkung, als zu einer noch weiteren Vermehrung der Berichte raten. Ein derartiges „Jahrbuch" soll doch lieber nur die wirklich sichergestellten und bedeutsameren Fortschritte kodifizieren und sich gerade dadurch von den Zeitschriften unterscheiden, die öfter auch weniger abgeklärte Dinge in ihre Spalten aufnehmen müssen. So halten wir z. B. für recht zweifelhaft, ob den mit wenig anmutender Reklame in die Welt tretenden Erfindungen des Herrn Ganswindt diejenige Bedeutung zukommt, die ihnen hier auf Grund einer Mitteilung der „Illustrierten Zeitung" zuerkannt wird; ebenso will uns die im Prometheus gelegentlich beschriebene Licht-Uhr nicht als eine Erfindung vorkommen, die mit einer ziemlich grofsen Abbildung einen Platz im „Jahrbuch der Naturwissenschaften" beanspruchen darf. F. Kbr.

Ch. Ed. Guillaume: Les Rayons X et la photographie à travers les corps opaques. II Aufl. Paris, Gauthier-Villars. 1896. VIII u. 144 Seiten.

Wir haben in dem Aufsatze über schwarzes Licht und Röntgenstrahlen dieses Buch bereits erwähnt und wollen an dieser Stelle noch hinzufügen, dafs es den Gegenstand erheblich ausführlicher behandelt, als die meisten ähnlichen Schriften, dabei klar und elegant geschrieben und mit einer Reihe gut reproduzierter Photographien ausgestattet ist. Sp.

Dr. K. F. Jordan: Röntgens Entdeckung; Separatabdruck aus Heft 81 und 82 der „Kritik, Wochenschau des öffentlichen Lebens". 4. Tausend. Berlin, Kritikverlag. 19 Seiten.

Das Büchlein gehört mit zu den ziemlich zahlreichen Veröffentlichungen, welche die Röntgensche Entdeckung in populärer Weise darzustellen suchen; es liegt in der Natur der Sache, dafs diese Schriften einander im grofsen und

ganzen sehr ähnlich sind; nur die vorliegende fällt aus dem Rahmen des Üblichen heraus; dies könnte ein besonderer Vorzug sein, ist aber in diesem Falle das Gegenteil.

Der Verfasser steht auf demselben Standpunkt, den sein von ihm viel citierter Freund Dreher in der „Zukunft" vertreten hat, nämlich der Annahme der drei verschiedenen Strahlenarten (vgl. Seite 490 dieses Heftes). Daraus ergeben sich dann sonderbare Folgerungen; z. B. gehen die Lichtstrahlen durch eine Äskulinlösung unverändert hindurch, vermögen aber, da die chemischen Strahlen ihnen nicht mehr beigesellt sind, keine photographische Wirksamkeit zu äufsern. Photographische Dunkelkammern würden — das scheint mir aus diesen Behauptungen Jordans hervorzugehen — überflüssig werden; man setze nur ein Glasgefäfs mit solcher Lösung ans Fenster und hat dann eine für das Arbeiten viel bequemere Beleuchtung, als sie die Rubinlampe liefert.

Da die sonst übliche Ansicht über ultraviolette Strahlen falsch ist, bedürfen die „chemischen Strahlen" auch eines besonderen Entdeckers, und zwar ist das Herr Dreher.

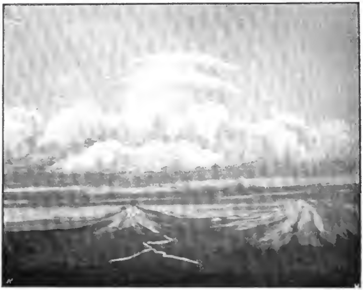
Die Annahme Röntgens, dafs seine Strahlen in der von Kathodenstrahlen getroffenen Glaswand entstehen, ist nach Jordan „unnötigerweise kompliziert"; seine Ansicht geht dahin, dafs wir es mit Hittorfschen Kathodenstrahlen zu thun haben, welche sich aufserhalb der Röhren nicht durch den Magneten beeinflussen lassen, „weil hier die dichtere Luft der Atmosphäre der Ablenkung hinderlich im Wege steht".

Von solchen oberflächlichen Argumenten liefsen sich aus dem Buche noch weitere Proben geben. Thatsachen, mit denen Röntgen seine Annahme bereits in der ersten Mitteilung gestützt hat, werden einfach übersehen.

Die Bedeutung der Röntgenschen Entdeckung ist nach Jordan natürlich weit überschätzt worden. Hingegen stellt er zum Schlusse eigene Untersuchungen in Aussicht und fährt fort: „Sollten diese Untersuchungen von Erfolg gekrönt sein, so ist zu hoffen, dafs dadurch von neuem ein Schritt in der Erkenntnis der Harmonie der Naturerscheinungen gethan ist. Dieser Harmonie nachzuspüren, ist aber der höchste Zweck aller wissenschaftlichen Forschung." Wir geben Herrn Jordan hierin Recht, glauben aber ihm versichern zu dürfen, dafs uns die von ihm geplanten Experimente diesem Ziele keinen Schritt näher bringen werden.

Sollten sich unsere Leser darüber wundern, dafs wir uns mit solchen Auslassungen überhaupt befassen, so führen wir zu unserer Entschuldigung an, dafs die „Kritik", welche diesen Artikel so kritiklos aufgenommen hat, ein viel gelesenes Blatt ist, ebenso wie die „Zukunft", für welche Herr Dreher selbst geschrieben hat. Sp.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.



Hagelwolke über den Julischen Alpen
am 27. April 1895 von Venedig aus gesehen (5h 15m nachmittags).



Hagelwolke
vom 27. April um 5h 50m abends.

Himmel und Erde.

Physikalische Phänomene in den höheren Schichten der Atmosphäre.

Vortrag, gehalten in der Royal Institution

von Prof. **Cornu.**[1])

Die wesentlichste und wirksamste Ursache fast aller physikalischen Phänomene, die sich in der Erdatmosphäre abspielen, ist bekanntlich die Sonnenwärme. Man kann die Atmosphäre gewissermafsen als eine Dampfmaschine ansehen, deren Heizapparat die Sonne ist; der Kessel wird durch den von ihren Strahlen erwärmten Erdboden respektive die Wolken gebildet, der Kondensator durch die Strahlung in den Raum des Planetensystems.

Die Hülfsmittel, welche dem Physiker und Meteorologen zur Erforschung der verschiedenen Atmosphärenschichten zur Verfügung stehen, sind äufserst beschränkt. In den meisten Fällen mufs der Forscher sich mit indirekten Beobachtungen begnügen, um auf dem Wege der Induktion Resultate zu erreichen. Die interessantesten Phänomene spielen sich in den oberen Luftschichten ab, in fast unerreichbaren Höhen. — Ich will Ihnen nun heute in diesem Vortrag an einigen Experimenten zeigen, dafs die Meteorologen in der Erklärung der Naturerscheinungen sich wenigstens der Wahrheit immer mehr nähern. Sie werden sehen, dafs man in gewissen Fällen durch Einleitung von Prozessen, die den Vorgängen in der Natur möglichst analog sind, in der That nicht nur ein getreues Abbild, sondern auch eine genaue Synthese dieser Erscheinungen erhält.

---

[1]) Aus dem Englischen (Nature, April 23, 1896) übertragen von Dr. H. **Stadthagen.**

Beginnen wir mit der Aufzählung der Hülfsmittel, deren sich die Meteorologen zum Studium der verschiedenen Luftschichten bedienen.

Diejenige Methode, welche am direktesten zum Ziele führt, ist die Anwendung des Luftballons. Er ermöglicht es, die erforderlichen Mefsinstrumente bis in die Luftschichten hinauf, welche man erforschen will, mitzunehmen. Aber leider ist diese Methode schwierig, kostspielig und schliefslich ja auch gefährlich; sie wird daher nur ausnahmsweise angewendet. Die Ballonfahrten, welche die besten Resultate erzielt haben, sind von Gay-Lussac (1804), von Glaisher (1862) und neuerdings von Dr. Berson (1894) unternommen worden, welcher letztere bis zu Höhen von über 9000 m aufstieg.

Das auf diese Weise gewonnene Beobachtungsmaterial war überaus wichtig und überraschend und führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Es existieren sehr häufig aus Eiskrystallen bestehende Wolken; sie bilden den Cirrus, der sich in grofsen Höhen befindet.

2. Die Windrichtung ist in verschiedenen Höhen eine verschiedene.

3. Die Temperatur sinkt nicht immer regelmäfsig mit der Zunahme der Höhe; sehr oft stöfst man abwechselnd auf kalte und warme Schichten.

Eine zweite direkte Methode, die Vorgänge in der Atmosphäre zu beobachten, besteht in der Errichtung von Observatorien auf hohen, möglichst isoliert liegenden Bergen. Auf solchen Observatorien kann man die vorhin schon erwähnte, unerwartete Thatsache, dafs Wind und Temperatur in verschiedenen Höhen wechseln, täglich bestätigt finden.

Was die Eiswolken anbetrifft, so sind sie zu hoch, als dafs man sie auf den Bergobservatorien direkt erreichen könnte.

Es wird vielleicht von Interesse sein, die Namen der bedeutendeten französischen Bergobservatorien kennen zu lernen. Es sind die Stationen auf dem:

Pic du midi . . .	(Höhe 2800 m)	in den Pyrenäen,
Mont Ventoux . .	„ 1900 „	in der Provence,
Puy-de-Dôme . .	„ 1900 „	in der Auvergne,
Eiffelturm . . .	„ 330 „	in Paris.

Das letztgenannte Observatorium kann der Leichtigkeit seiner Bauart wegen fast als Fesselballon angesehen werden, der permanent 300 m über dem Erdboden befestigt schwebt.

Halos. — Wir erwähnten bereits, dafs die Bergobservatorien nicht die Region der Eiswolken erreichen (6000—10000 m Höhe); die Beobachtung derselben würde demnach nur im Ballon möglich sein.

Glücklicherweise verraten aber diese Eiskrystalle ihr Dasein durch eine optische Erscheinung, durch den sogenannten Halo, den man ja auch von der Ebene aus sieht. Es ist ein leuchtender Kreis um Sonne oder Mond, dessen Radius ungefähr 22° beträgt und der innen rötlich und nach aufsen hin ins Bläuliche schimmert. Das Phänomen läfst sich, wie viele Erscheinungen ähnlicher Art, durch die Brechung der von jenen Himmelskörpern ausgehenden Lichtstrahlen in Eiskrystallen erklären. Letztere sind nämlich sechsseitige Prismen, deren Seitenflächen paarweise 60° gegeneinander geneigt sind. Solche in der Luft in verschiedenen Richtungen verteilten Krystalle brechen das Licht, und zwar beträgt das von Sir Isaac Newton entdeckte Minimum der Ablenkung ungefähr 22°; die Grenze der gebrochenen Strahlen ist daher ein Kegel von etwa 22° um die Linie herum, welche Sonne oder Mond mit dem Auge verbindet.

Experiment zur Veranschaulichung des Halo. — Man läfst in einem durchsichtigen Medium, das aus einer Mischung geeigneter Flüssigkeiten besteht, Krystalle sich bilden und kann auf diese Weise die Mischung warmer und feuchter Atmosphärenschichten mit kalten, wodurch die Eiskrystalle erzeugt werden, genau nachahmen.

Zu diesem Zweck füllt man eine Glaszelle mit gesättigter Lösung von Kali-Alaun in Wasser. Läfst man nun ein feines, rundes Lichtbündel durch die Flüssigkeit hindurchgehen, so erhält man ein kreisrundes Projektionsbild, das uns die Sonne am dunkleren Himmel darstellen soll. Darauf fügt man zu der Flüssigkeit ein Viertel ihres ganzen Volumens rektifizierten Alkohol hinzu: das Alaun, welches in alkoholhaltigem Wasser unlöslich ist, bildet sofort sehr kleine Krystalle, die in der Flüssigkeit umherschwimmen. Das Bild der Sonne ist anfangs undeutlich, wie von dichtem Nebel umhüllt, aber bald erscheint ein leuchtender Kreis mit zarten Regenbogenfarben und veranschaulicht so auf das genaueste die Haloerscheinung.

Mit diesem Phänomen sind die Landleute wohl vertraut; sein Erscheinen an einem heifsen Tage ist ein sicherer Vorbote des Regens, selbst wenn sonst nichts auf eine meteorologische Störung hindeutet. —

Wechsel und Umkehrung der Temperatur. — Auf benachbarten, in sehr verschiedenen Höhen gelegenen Observatorien, wie etwa die von Puy-de-Dôme und Clermont, ist das Dasein warmer Strömungen in höheren Luftschichten oft nachgewiesen worden. Einer successiven Umkehr des Temperaturganges ähnlicher Art schreibt Amsler aus Schaffhausen jenes schöne Naturschauspiel zu, welches in der Schweiz unter dem Namen Alpenglühen bekannt ist und das in einem zweiten

Aufleuchten der nach Sonnenuntergang bereits verdunkelten, schneebedeckten Alpengipfel besteht.

Amslers Erklärung basiert auf der Richtungsänderung der Bahnkrümmung der leuchtenden Strahlen, welche davon abhängt, ob die Luft in der Tiefe der Thäler wärmer oder kälter als diejenige der höheren Regionen ist.

Vor Sonnenuntergang leitet der durch die Sonnenhitze erwärmte Erdboden die Bahn der Lichtstrahlen in eine Kurve analog etwa der mit S A M B bezeichneten, (Fig. 1) die konvex gegen die Erde gekrümmt ist. Wenn die Sonne in S′ untergeht, fällt der Schatten des Gipfels A auf Gipfel B, welcher demnach von jetzt ab dunkel bleiben müfste, da die Sonne immer weiter unter den Horizont sinkt und der letzte Strahl in der Richtung S′ A M′ B′ fallen würde. Ist aber inzwischen die Luft im Thale hinreichend abgekühlt, so beschreibt die

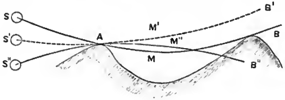


Fig. 1.

Bahn des Strahles eine umgekehrte Kurve S″ A M″ B″, und Gipfel B wird dann noch einmal im Sonnenglanz erstrahlen.

Experimentelle Veranschaulichung der Umkehrung der Krümmungskurve der Lichtstrahlen. — Mit ein wenig Sorgfalt gelingt es, in einer durchsichtigen Zelle von ungefähr 20 cm Weite drei Flüssigkeiten so übereinanderzuschichten, wie dies in Fig. 2 schematisch angedeutet ist. Diese Flüssigkeiten bestehen aus 1. $^1/_3$ Glycerin, $^2/_3$ Wasser; 2. $^2/_3$ Glycerin, $^1/_3$ Wasser; 3. $^1/_3$ wasserfreies Zinkchlorid, $^2/_3$ Wasser.

Ein beweglicher Spiegel LL wirft ein Lichtbündel durch die feine Öffnung S eines Diaphragmas. Die unter verschiedenen Winkeln auffallenden Lichtstrahlen werden entweder von der unteren Schicht reflektiert, welche dicht, aber doch weniger brechend als die Mittelschicht ist, oder von der oberen Schicht der schwächeren Glycerinlösung, welche leichter und auch weniger brechend als die mittlere Schicht ist. Durch Fluorescenzerscheinungen werden die Bahnkurven der Lichtstrahlen deutlich sichtbar, und das Alpenglühen kann so mittelst

weniger, leicht zugänglicher Vorkehrungen experimentell veranschaulicht werden.

Das Funkeln der Sterne (Scintillation). — Diese Erscheinung ist ebenfalls ein Beweis des Temperaturwechsels und der Bewegung der höheren Luftschichten. Die Spektralanalyse zeigt, dafs die Scintillation dadurch entsteht, dafs die einzelnen Farben des Spektrums in Übereinstimmung mit der Änderung der Zenithdistanz des Sterns in ihrer richtigen Aufeinanderfolge verschwinden.

Nachahmung dieses Phänomens durch ein prächtiges Experiment. (Fig. 3.) — Wirft man das Bild einer leuchtenden Öffnung O mit Hülfe einer Linse L auf eine kleine, auf schwarzem Sammet ruhende versilberte Kugel B von 3—4 cm Durchmesser, so bietet sich der Anblick eines Fixsterns in strahlendem Glanze dar.

Nun befindet sich aber der leuchtende Ausschnitt O in einer Karte,

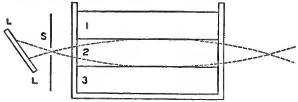


Fig. 2.

auf welche das Spektralbild eines Spalts F auffällt, welches durch ein Prisma à vision directe P zerstreut ist. Die Karte CO ist nicht im Brennpunkte des Spektrums, dieser liegt vielmehr weiter hin in der Ebene der Linse L. Die Folge davon ist, dafs das Regenbogenbild des Spalts auf der Karte in der Mitte eine weifse Stelle zeigt; dort ist nun die Öffnung O angebracht, und das auf die Kugel B fallende Licht ist folglich gänzlich farblos. Tritt aber der Lichtstrahl aus der Öffnung heraus, so löst er sich in sein Spektrum auf der Projektionslinse L auf, welche ihn in B sammelt, genau wie in dem berühmten Newtonschen Experiment.

Bringt man nun noch ein sandsiebartiges Gitter mit grofsen Öffnungen vor die Linse L, so werden einige Strahlen fortgenommen, und der Stern B erscheint farbig. Eine halbe Zerstreuungslinse D mit demselben Brennpunkte wie L hebt ihre Wirkung auf, und das Spektrum des Sterns mit den durch das Gitter hervorgerufenen künstlichen Farbenbändern erscheint auf einem weifsen Schirm neben der Kugel.

Aus diesen wenigen Beispielen ersieht man schon, wie das Studium der optischen Phänomene der Atmosphäre in Verbindung mit der physikalischen Analyse und Synthese uns über die wärmetheoretischen Phänomene jenseits der erreichbaren Regionen in beträchtlichem Mafse belehren kann.

Dynamische Phänomene der Atmosphäre. — Die bisher besprochenen Naturerscheinungen knüpfen sich an die Bedingung fast vollkommenen Gleichgewichts der atmosphärischen Schichten; man könnte sie deshalb „statische" nennen. Aber der erwärmende Einflufs der Sonne, verbunden mit der Abkühlung durch Strahlung in den Weltenraum, kann Bewegungserscheinungen jeglichen Intensitätsgrades, auch solche von gröfster Heftigkeit, hervorbringen; wir wollen diese Erscheinungen „dynamische" nennen. Sie treten in der verschiedensten Art und Weise auf: 1. in der Form mechanischer Energie als Winde, Wirbelwinde, Cyklone, Wasserhosen u. s. w.; 2. in der Form

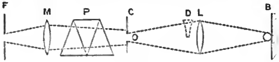


Fig. 3.

von Wärmeenergie, welche sich durch Wolkenbildung, Regen, Hagel kund giebt, entsprechend dem Zustande des Wassers, desjenigen Elements in der Atmosphäre, welches fortwährenden Wandlungen unterliegt; 3. in Form elektrischer Energie als Blitz, Donner etc.

Das Fundamentalphänomen ist hierbei die Umwandlung der Sonnenenergie in mechanische Energie; alle anderen Probleme hängen mehr oder weniger mittelbar damit zusammen. Von dieser Umwandlung allein wollen wir hier sprechen.

Das einfachste mechanische Phänomen der Atmosphäre ist zweifellos der Wind. Seine Ursache liegt begründet in dem Unterschied des Luftdrucks zwischen zwei mehr oder weniger von einander entfernten Punkten. Seit Pascals Zeiten ist bekannt, dafs man den Druck der Luft mittelst Barometers mifst; nun könnte man denken, dafs man nach den Angaben dieses Instruments die Windrichtung immer bestimmen könnte, d. h., dafs der Wind von dem Punkte, wo der Barometerdruck am stärksten, ausgehen und nach dem Punkte hineilen müfste, wo er am schwächsten ist. Dies ist aber fast niemals der Fall; die wirkliche Windrichtung weicht immer von der theoretischen ab.

Diese Thatsache ist uns erst seit wenigen Jahren bekannt, sie ist durch die allgemeinen meteorologisohen Karten, welche vor ungefähr 30 Jahren von Le Verrier vorgeschlagen wurden und die heutzutage so allgemein verbreitet sind, aufser Zweifel gestellt.

Die Windrichtung eoheint sich um den Punkt der Karte, wo sioh der Minimaldruck befindet, entgegengesetzt den Zeigern der Uhr herumzudrehen, dagegen im Richtungseinne des Uhrzeigers um den Punkt des Maximaldrucks; darunter ist jedooh die Richtung auf der nördlichen Halbkugel zu verstehen, auf der südlichen sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. In der That ist die gewöhnliohste Bewegung der Atmosphäre eine kreisförmige; man nennt sie Cyklon.

Die Wirbelbewegung der Luft ist seit langer Zeit beobachtet worden; wir haben oft Gelegenheit, eie wahrzunehmen. Staub und welke Blätter werden vom Winde in einer wirbelnden Bewegung emporgehoben, die den Strudeln der Ströme gleicht. Die Seeleute kennen die Cyklone und Wasserhosen und fürchten ihre gefährlichen Wirkungen; auf dem amerikanischen Kontinent kommen furchtbare Orkane, Tornados genannt, vor. Es könnte nun scheinen, als ob solche kreisförmigen Bewegungen nur grofsen atmosphärischen Umwälzungen angehörten. Je mehr man aber das Studium der Atmosphäre im Detail verfolgt, desto mehr überzeugt man sich, dafs diese Art der Bewegung überall, wo die Luft in ihrer Gleichgewichtslage gestört ist, beobachtet werden kann. Daraus hat man geschlossen, dafs die kreisförmige Bewegung bis zu einem gewissen Grade der normale Zustand bewegter Luft sei, da es in der That kaum möglich ist, Kräfte auf eine luftförmige Masse wirken zu lassen, ohne dabei mehr oder weniger schnelle Rotationsbewegungen zu entwickeln, die dann von selbst einen permanenten Zustand anstreben.

Experimentelle Beweise. — Läfst man Gas mit grofser Geschwindigkeit aus einem Behälter strömen, gewissermafsen in einem Strahl herausschiefsen, so bilden sich eine oder mehrere kreisförmige Bewegungen neben dem Strahl. Ist die herausgetriebene Gassäule von cylindrischer Gestalt, so nimmt die kreisförmige Bewegung die Ringform an; man braucht dabei blofs an die Rauchringe zu denken, welche nach dem Abfeuern von Kanonen, Flinten u. s. w. beobachtet werden.

Wiederholung des wohlbekannten Experiments, Rauchringe hervorzubringen. — Diese entstehen, wenn man auf das mit Segeltuch geschlossene Ende eines mit Dampf von hydrochlorsaurom Ammoniaksalz gefüllten Kastens, der am entgegengesetzten Ende mit

einer kreisrunden Öffnung versehen ist, klopft. Die Rauchringe werden sichtbar, wenn man einen Strahl elektrischen Lichts auf sie fallen läfst.

Verschiedener Ursprung der kreisförmigen Bewegungen der Atmosphäre. — Fast alle Ursachen, die auf die Bewegung der Atmosphäre wirken, sind Anlässe zu Kreisbewegungen; sind letztere erst im Gange, so setzen sie sich von selbst fort und steigern sich sogar zuweilen. An erster Stelle kommt hierbei die Drehung der Erde in Betracht, welche immer eine kleine Rotationskomponente für die Fortbewegung einer Luftmasse in Breite oder Höhe mit sich bringt, an zweiter Stelle mit überwiegendem Einflufs die Sonnenhitze, welche die Luft nahe der Erdoberfläche oder die Wolken erwärmt. Da das Bestreben der erwärmten Luft emporzusteigen infolge der Natur des Bodens und seiner Unebenheiten nicht auf der ganzen, den Sonnenstrahlen ausgesetzten Erdoberfläche dasselbe sein kann, wird das Gleichgewicht an verschiedenen Stellen aufgehoben, und Luftsäulen steigen empor. Wir haben hier also dieselbe Sachlage wie bei den vorhin erwähnten herausgeschleuderten Gassäulen, also auch hier unter günstigen Umständen eine Veranlassung zu kreisförmigen Bewegungen um horizontale Achsen. Haben diese erst einmal angefangen, so erhalten die Ursachen, welche sie veranlafst haben, ihre Fortdauer, ja steigern sie noch.

Das Vorkommen von Wirbelwinden mit horizontalen Achsen, bei Hagelschauern, speciell bei demjenigen, der am 20. Mai 1893 in Pittsburg niederging, ist von einem amerikanischen Meteorologen Mr. Frank W. Very beobachtet worden und hat ihn auf eine geistvolle Theorie der Entstehung des Hagels gebracht. Solch ein Wirbelwind trägt nämlich, wenn er die genügenden Dimensionen hat, die heifse und feuchte Luft der nahe dem Erdboden befindlichen Schichten in höhere, kalte Regionen; der Dampf kondensiert daselbst, gefriert, und die Eiskrystalle werden in kreisförmige Bewegung versetzt; sie steigen, den Spiralen des Wirbelwindes folgend, abwechselnd auf und nieder und nehmen bei jedem Herabsteigen in die mit Feuchtigkeit beladenen unteren Luftschichten an Gröfse zu. Diese Erklärung trägt allen, bei Hagelfällen beobachteten Besonderheiten Rechnung, als Schichtenbildung, sehr niedrige Temperatur, eigentümliches Geräusch vor dem Fall, elektrische Erscheinungen während des Schauers; was letztere anbetrifft, so ist ein Wirbelsturm mit Hagel eine wahre elektrische Influenzmaschine, gewissermafsen eine Art Elektrizitätssammler.

Künstliche Nachbildung von Naturerscheinungen, die auf kreisförmigen Bewegungen beruhen. — Die durch die schnelle Rotation

der Luft verursachten Phänomene wirken überraschend wegen der Besonderheit der dabei in Thätigkeit tretenden Kräfte. Die gewöhnlichen Gesetze der Mechanik, welche uns durch die tägliche Erfahrung vertraut geworden sind, scheinen ganz verschieden von denen zu sein, welchen die Bewegungen der Cyklone gehorchen; das darf uns aber nicht Wunder nehmen. Wir haben die Mechanik auf ihre einfachsten Elemente zurückgeführt, auf den materiellen Punkt, die konstante Kraft, die geradlinige Bewegung, und diese Vereinfachungen haben es uns ermöglicht, die Bewegung sphärischer Körper, die des Pendels, die Rotation des Schwungrades u. s. w. zu verstehen. Sobald aber der feste Körper kompliziert in der Form wird und seine Bewegungen gleichzeitig fortschreitend und rotierend sind, ist unsere Anschauung davon unzureichend; kommt zu dieser Komplikation der Form gar noch der Widerstand des umgebenden Mediums, so haben wir keine Vorstellung von der möglichen resultierenden Wirkung; man denke zur Veranschaulichung nur an den Bewegungsvorgang des Boomerang. Was die Bewegung flüssiger Körper anbetrifft, so sind sie derart schwer vorauszusehen, dafs wir jedesmal von neuem überrascht sind, wenn wir ein Gefäfs mit Wasser bewegen. Ist die Wassermasse nur irgendwie beträchtlich, so geben die tumultuarischen Bewegungen, welche wir unwillkürlich verursachen, immer Anlafs zu irgend einer Ungeschicklichkeit.

Umsomehr können wir begreifen, wie unmöglich es für uns ist, die Bewegungen der Atmosphäre vorauszusehen, deren Masse ja kolossal grofs ist; wiegt doch jedes Kubikmeter Luft rund 1,2 kg. Wenn die Energie, welche aufgewendet wird, solche Massen in Bewegung zu setzen, sehr beträchtlich ist, so ist umgekehrt auch die Stabilität des Systems ungeheuer grofs; mufs doch die Zerstreuung jener Energie durch die passiven Widerstände, die fast immer in Reibung an der Erdoberfläche umgesetzt werden, erfolgen.

Wir wollen daher nicht versuchen, die Kräfte zu analysieren, die bei der kreisförmigen Bewegung der Luft in Thätigkeit treten, vielmehr uns darauf beschränken, einige der schönen Experimente von M. Ch. Weyher vorzuführen.

Fig. 4 zeigt eine aus 10 kreisförmig abgedrehten Holzleisten gebildete Kugel, die schnell um die Achse A B rotieren kann.

Die bei der Rotation mitgerissene Luft bringt eine gewöhnliche Wirbelwindbewegung hervor, welche symmetrisch in Bezug auf die Äquatorebene stattfindet. An allen Seiten wird die Luft von der sich drehenden Kugel angesaugt, was sich an der Wirkung auf Rauch oder

Papierstückchen, die man ihr nähert, beobachten läfst. Die Luft wird von dem Äquator fortgetrieben, und zwar nur in der fast mathematischen Ebene dieses Kreises; man kann dies an den Papierstückchen erkennen, welche sich konzentrisch zum Äquator in der Weise anordnen, dafs sie an den Saturnering erinnern. Die Anordnung und das Vibrieren der Papierstückchen zeigen, dafs es der Rückstofs der Äquatorialausströmung ist, welcher sie so schwebend erhält.

Man könnte daraus schliefsen, dafs die rotierende Kugel in der Äquatorialebene nur Abstofsungswirkungen zu erzeugen vermöchte,

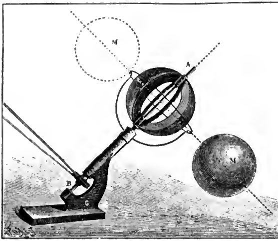


Fig. 4.

aber die Zusammensetzung der turbulenten Luftströmungen spottet der uns noch so wahrscheinlich klingenden Vermutungen. Wird ein leichter Ballon M der Kugel auf eine geringe Entfernung genähert, so wird er sofort angezogen und beginnt in ihrer Äquatorialebene schnell zu rotieren. Bringt man einen zweiten und dritten Ballon in die Strömung, so folgen sie mit verschiedener Geschwindigkeit und stellen Satelliten dar; das Planetenbild ist so vervollständigt!

Das Paradoxon, dafs die Abstofsungswirkung durch Veränderung der Form des ihr unterworfenen Körpers sich in eine Anziehungswirkung verwandelt, erklärt sich leicht, wenn man die Resultante der anziehenden und abstofsenden Kraft an der Oberfläche des in Bewe-

gung befindlichen Körpers in Betracht zieht. In dem gröfsten Winkelraum um die rotierende Kugel herrscht die Wirbelwindanziehung vor.

Den Beweis dafür kann man leicht liefern, wenn man unter diese Kugel ein Gefäfs mit heifsem Wasser (Fig. 5) stellt. Ist die Luft in dem Raume ruhig, so wird man den Dampf allmählich in einem Wirbel von der Oberfläche des Wassers nach der bewegten Kugel hinziehen sehen. Dies ist die Nachahmung einer Wasserhose. Die Wichtigkeit dieses Phänomens hat M. Weyher bewogen, es auf noch sohlagendere Art und Weise zu veranschaulichen, indem er bedeutend gröfsere mechanische Kräfte in Anwendung brachte, um die Umstände, welche das Phänomen in der Natur verursachen, besser realisieren zu können.



Fig. 5.

Die Erregung der kreisförmigen Bewegung, welche in der Natur ihren Ursprung in höheren Schichten der Atmosphäre hat, besorgt eine kleine Mühle, die 3 m über einem Wasserreservoir von 4 m Durchmesser steht (Fig. 6). Wird die kleine Mühle bewegt (400 bis 500 Umdrehungen in der Minute), so saugt der Wirbelwind allmählich die Oberfläche des Wassers in die Höhe. Dieses ist in Wallung, bildet centripetale Spiralen und einen mehrere Centimeter hohen flüssigen Kegel. Über diesem Kegel sammelt sich eine grofse Zahl kleiner Tropfen an, welche in Spiralen herabfallen. Eine solche Anziehungswirkung aus der Entfernung tritt noch stärker in Erscheinung, wenn das Wasser erwärmt wird. Der Dampf bildet dann eine hohle Tube, deren hohler Teil sich durch die dunkle Farbe und geometrische Regelmäfsigkeit abhebt; sie schiefst aus dem Wasser gegen die kleine Mühle empor und wirft kleine, leichte, auf dem Wasser schwimmende Körper, wie Strohstückchen empor.

In dieser Weise wurde das Experiment im Jahre 1887 in den grofsartigen Werken der Weyher und Richmond Company unter freiem Himmel ausgeführt. Mit dem in verkleinertem Mafsstabe konstruierten Apparat, den Fig. 6 zeigt, können wir es ebenso überzeugend wiederholen. Die kleine Mühle befindet sich auf einem 2 m hohen, auf einer Seite mittelst einer Glasplatte verschlossenen Schrank. Das warme

Wasser, dem übrigens etwas Seife zugesetzt ist, füllt eine Schale am Boden des Schrankes. Setzt man die Mühle in Gang, so sieht man sofort die Bewegung; die Seifenblasen überstürzen sich am Fufse der Dampfsäule. Bald nimmt die Säule die vorhin beschriebene Form an und veranschaulicht auf das genaueste die Erscheinung einer wirklichen Wasserhose: am Fufse die buschartige Anhäufung von Blasen und Tröpfchen, aus der sich die hohle Dampftube erhebt. Ein leichter Ballon, den man auf die Oberfläche des Wassers wirft, wird zuerst nach der Mitte getragen und dort festgehalten; beschleunigt man aber die Rotation der Mühle, wodurch der Wirbelwind an Kraft zunimmt, so wird der Ballon von der Wasserhose emporgehoben und folgt manchmal der Spirale ihrer ganzen Höhe nach.

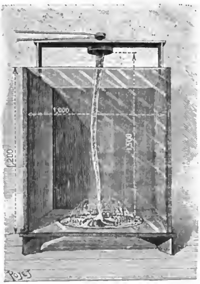


Fig. 6.

Die Spiralbewegung dieses leichten Ballons sowohl, als auch der Anblick der nebelartigen Spirale zeigt anschaulich die Beschaffenheit der Wasserhose; man sieht das Übereinanderrollen spiralförmiger Ströme, die einen aufsteigend, andere absteigend; es ist ein fortwährendes Kommen und Gehen zwischen Mühle und Wasseroberfläche (Fig. 7). Da alle Strömungen in demselben Sinne fortschreiten, so schrauben sich die absteigenden nach links, wenn sich die aufsteigenden nach rechts schrauben. In der mangelnden Erkenntnis dieser doppelten Bewegung des Auf- und Absteigens liegt die Ursache des Mifsverständnisses zwischen den Anhängern der Theorie, dafs Wsserhosen nur aufsteigende Ströme und der, nach welcher sie nur absteigende sind.

Die aufsteigende Bewegung des von der Wasserhose festgehaltenen leichten Ballons zeigt deutlich die aufsteigende Strömung; schwerer ist es, die absteigende, die von manchen Theorien als die einzig existierende angesehen wird, zu beweisen, da sie in dem Experiment einen sehr

kleinen Raum einnimmt. Sie ist auf das Innere der Nebelhülle beschränkt, deren hohle Mitte sich durch die dunkle Farbe abzeichnet. Man kann dieselbe jedoch mit Hülfe eines ganz einfachen Kunstgriffs zeigen. Man bringt oben auf die Wasserbose einen Rauch ausströmenden Körper, dann sieht man den Rauch sofort in das Innere der Hülle dringen, sich zu einem schlanken Kegel zusammenrollen und zur Oberfläche dee Wassers hinabsteigen. Dies ist genau das, was wir in der Natur wahrnehmen, wenn in einer Wasserhose die Wolken in Form eines Stromes hinabsteigen, der sich in die Mitte des vom Wasser an der Oberfläche der tosenden See gebildeten Blasenbüschels hineinsenkt. Doch diese Spirale selbst ist sozusagen der harmlose Teil der Wasserhose, der gefährliche Teil ist unsichtbar; er wird nämlich von der Luftmasse gebildet, die um die Spirale herum tobt. In unserm Experiment ist umgekehrt das Toben der Luftmasse vermöge des angewendeten Wasserdampfs sichtbar, und das Innere der Spirale bleibt dunkel; erst durch Zuhülfenahme des Rauchs sind Existenz und Form erkennbar. —

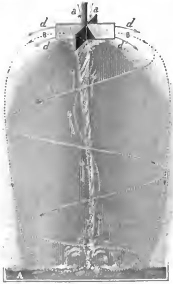


Fig. 7.

Mittelst eines ähnlichen Arrangements kann man einen Cyklon mit all seinen charakteristischen Eigenschaften — wie Änderung des Luftdrucks bei seinem Passieren, barometrisches Minimum, centrale Kalme, plötzliches Losbrechen des Windes, Mitte des Sturmes u. s. w. — hervorbringen, was auch von M. Weyher erreicht worden ist.

Wir wollen zum Schlufs eingehender dieses Experiment beschreiben, das so genau die Erscheinungen des Cyklons wiedergieht. Der Cyklon ist eigentlich nichts weiter als ein ungeheurer Luftwirbelwind; er unterscheidet sich von einer Wasserhose nur durch die Gröfsenverhältnisse, und zwar hauptsächlich in Bezug auf Höhe und Durchmesser: in einer Wasserhose ist der Durchmesser im Ver-

hältnis zur Höhe sehr gering, beim Cyklon liegt das umgekehrte Verhältnis vor. Doch ist in beiden Fällen die Bewegung im wesentlichen dieselbe; die Luftströme steigen rund herum herab, um sofort auf den innern Spiralen von mehr oder weniger grofsem Durchmesser wieder hinaufzusteigen, lassen aber, wie in der Wasserhose, eine Centralregion frei, in der ebenso wie dort die absteigende Bewegung stattfindet.

In Fig. 8 ist eine rotierende Scheibe von ungefähr 1 m Durchmesser dargestellt, die an dem Ende eines Krahnes von 2 m Radius befestigt ist. Mit Hilfe dieser Einrichtung ist es möglich, die rotierende Scheibe in horizontaler Richtung über einem Tische fortzubewegen,

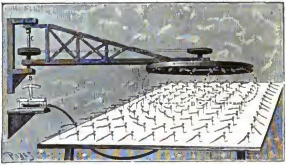


Fig. 8.

auf welchem eine grofse Anzahl Stecknadeln befestigt sind, die an ihren oberen Enden je einen einige Centimeter langen Wollfaden tragen und so kleine Fähnchen bilden, welche uns die Windrichtung an jedem Punkte, wohin der Cyklon kommt, anzeigen. In der Mitte des Tisches befindet sich eine Durchbohrung, welche die Verbindung mit einem sehr empfindlichen Barometer, das uns die Variationen des Luftdrucks beim Vorüberziehen der Erscheinung anzeigen soll, herstellt.

Wir bringen die Scheibe über das eine Ende des Tisches und setzen sie in Rotation. Wir sehen sofort, wie alle darunter befindlichen Fahnen die Windrichtungen anzeigen. Diejenigen, welche das Centrum des Wirbelwindes bilden, hängen schlaff und unthätig herab, ihre äufseren Enden gegeneinander gerichtet; sie repräsentieren sehr anschaulich die centrale Kalme.

Die Fähnchen, welche die centrale Kalme umgeben, bilden einen Kreis; sie unterliegen einem Winde, der sie alle schwach centripetal und aufwärts richtet. In den folgenden Reihen ordnen sich die Wollfäden wieder in einem Kreise an, zeigen aber kaum die centripetale und gar nicht die emporstrebende Richtung, und je mehr die Fähnchen vom Centrum entfernt sind, desto mehr biegen sie sich nach dem Tisch herunter und zeigen absteigenden Wind an. Im äufsersten Umkreise nehmen die Wollenden centrifugale Richtungen an, es ist die Wirkung der Luft, welche an den Grenzen des Cyklons von allen Seiten entströmt.

Lassen wir nun den künstlichen Cyklon in horizontaler Richtung weiterziehen, indem wir den Krahn um seine Achse drehen, so sehen wir die centrale Kalme jeden Augenblick an einer andern Stelle, welche sich sogleich dadurch bemerkbar macht, dafs sich die Fähnchen plötzlich senken und unbeweglich auf den Tisch herabhängen. Andererseits erheben sich sofort die unmittelbar benachbarten Fähnchen, vom Sturm emporgehoben, und jene, die noch eben nach einer bestimmten Richtung zeigten, drehen sich plötzlich nach der entgegengesetzten und machen es möglich, den Windwechsel beim Übergange aus der centralen Kalme in seiner ganzen Schärfe zu beobachten.

Läfst man den Cyklon mit genügender Geschwindigkeit weiterziehen, so kann man mittelst der Fähnchen seine gefährliche und seine harmlose Seite erkennen, je nachdem man den Halbkreis betrachtet, in welchem der Wind nach der Richtung der fortschreitenden Bewegung dreht oder nach der entgegengesetzten.

Indem der Cyklon über die Durchbohrung, mittelst welcher der Tisch mit dem Barometer in Verbindung steht, zieht, erfahren wir die Änderungen des Luftdruckes. Man sieht die Nadel allmählich fallen und genau in dem Augenblick, wo sich das Centrum des Cyklons über der Durchbohrung befindet, im Minimum stehen, um dann wieder langsam zu steigen.

Ein genügend empfindliches Thermometer zeigt im Centrum des Cyklons ein Steigen der Temperatur.

Ein Schiff, welches während eines gröfseren Cyklons in das Centrum desselben gelangt, findet nicht nur eine gewöhnliche Windstille, sondern die Erscheinung, dafs Sonne oder Sterne durch eine grofse Öffnung in den Wolken zu sehen sind: das ist das „Auge des Sturms“.

Um diese Erscheinung zu erklären, genügt es zu bemerken, dafs ein Cyklon nur eine Wasserhose von sehr grofsem Durchmesser ist, in deren ungeheurer Hülle der Sturm der absteigenden Bewegung

wütet, die Orkan und Wolken aus den höheren Regionen zum Meeresspiegel herabzieht; jedoch wie in einer Wasserhose bleibt der mittlere Teil frei und gestattet einen Durchblick zum klaren Himmel.

Mit einiger Sorgfalt gelingt es, mittelst Rauch oder Dampf das „Auge des Sturms“ experimentell vorzuführen.

Da nun dieser mittelste Teil des Cyklons frei von Wasserdampf, (wenigstens in sichtbarer Form) ist, während in der ihn umgebenden Hülle Sturm und Finsternis herrschen, ist es da nicht augenscheinlich, dafs ein Hygrometer in dieser wolkigen Hülle einen höheren Feuchtigkeitsgrad zeigen mufs als in dem mittelsten Teil?

Und nun zum Schlufs — man hat daraus ersehen können, dafs, wie klein auch immer der Mafsstab unserer Experimente im Vergleich zu den wirklichen Naturerscheinungen sein mag, sie doch naturgetreu die grofsen meteorologischen Phänomene vor unseren Augen entstehen lassen.

Die Experimente, welche wir hier beschrieben haben, werden genügen, um zu zeigen, wie vollkommen die experimentellen Synthesen sind, und wie vollkommen sie die Erscheinungen der Natur bis auf die kleinsten Einzelheiten darstellen.

Schliefsen wir mit der schlichten Bemerkung, dafs unsere meteorologischen Kenntnisse sich mehr und mehr vertiefen, besonders, wenn wir die Meteorologie als Experimentalwissenschaft behandeln.

Die Entwickelung des Hühnchens im Ei.

Von Dr. Carl Müller in Berlin,
Professor an der kgl. technischen Hochschule

(Schlufs).

Sieht man von allen Einzelheiten in den bisher besprochenen Entwickelungsvorgängen ab, so ergiebt sich bezüglich der Körperbildung des Hühnchens — und damit aller Wirbeltiere — die einfache Thatsache: Kopf und Rumpf aller höheren Tiere entstehen aus der Faltung zweier der Dotterkugel aufliegenden, aus der Keimscheibe hervorgegangenen Keimblätter, aus dem äufseren und inneren Keimblatt. Im wesentlichen führt die Faltung zur Abgrenzung übereinander, nebeneinander und ineinander liegendor Röhrengebilde, welche in ihrer Längsrichtung mit der Längsachse des Körpers übereinstimmen. Jede Röhre reicht vom Mundende bis zum Sohwanzende, bezw. bis zur Endöffnung des Darmes. Und zwar verteilen sich die Röhren ihrer Abstammung nach in der Weise:

Das äufsere Keimblatt liefert:

1. Dio den Gesamtkörper gegen die Aufsenwelt abgrenzende Haut, welche in der ferneren Entwickelung je naoh der Art des Tieres verschiedene Deckgebilde erzeugt. Nackt bleibt sio bei den Amphibien (Fröschen und Salamandern), Schuppen und Deckplatten verschiedener Art erzeugt sie bei den Fischen und Reptilien, Federn sprossen aus ihr hervor bei den Vögeln, Haaro bekleiden sie bei den Säugetieren neben den nur stellenweise zur Entfaltung kommenden Horngebilden (Nägel, Krallen, Hufe, Hörner). Die Entstehung dieser Anhangsorgane gehört zum nicht geringen Teil der postembryonalen Lebenszeit an, d. h. sie entwickeln sich erst nach der Geburt und bedürfen hier gar keiner besonderen Erörterung;

2. das Nervensystem, eine in das Körperinnere verlegte, stark verengte Röhre, deren vorderer, massiger Abschnitt das Gehirn ist, deren längerer Abschnitt das Rückenmark genannt wird. Von diesem

„Zentralnervensystem" aus wird der gesamte Organismus von Nervensträngen durchsetzt, die sich wie Äste und Zweige eines Baumes zu seinem Hauptstamme verhalten. Dafs sie sich vom Hauptnervensystem in die Organe hineinverzweigen, wird kaum einer Erläuterung an dieser Stelle bedürfen. Nur die Ausgestaltung der höheren Sinnesorgane aus dem zunächst als Blase auftretenden Hirn bedarf einer weiterhin zu gebenden Darstellung.[19])

Das innere Keimblatt liefert drei grundlegende Elemente des tierischen Leibes:

1. den Stamm der Wirbelsäule, die Rückensaite oder Chorda, eine Röhre, welche gleich bei ihrer Bildung ihren Hohlraum verliert und deshalb unter dem Rückenmark wie ein Knorpelfaden erscheint um den als Achse sich später erst die Wirbelknochen des Rückgrates ausbilden, so dafs im entwickelten Tiere kaum noch Spuren der Chorda selbst nachweisbar sind;

2. das mittlere Keimblatt, welches die seitlichen Leibesröhren darstellt, aus denen die dickfleischigen Rückenmuskeln (Oberschale) und die nach aufsen die Bauchwand ausmachenden, nach innen den Darm zwischen sich aufnehmenden Muskelplatten hervorgehen. Diese Abkömmlinge des mittleren Keimblattes wachsen frühzeitig zur Hauptmasse des ganzen tierischen Leibes heran. Sie bilden den eigentlichen Muskelkörper, den wir schlechthin das Fleisch zu nennen pflegen. Aus unserer früheren Darstellung geht aber schon hervor, dafs dem Fleischkörper auch die als Adern bezeichneten Blutgefäfse und das in ihnen zirkulierende Blut, wenn man den Ausdruck gestatten will, das flüssige Fleisch, samt seinem Hauptmuskel, dem Herzen, angehören.[20]) Und die Knochen, das gesamte Skelett? Wir brauchen dessen Entwickelung an dieser Stelle nicht zu verfolgen. Man hat sich ja bezüglich der Knochen nur vorzustellen, dafs sie in ganz analoger Weise wie die Muskeln Fleischgebilde sind, welche nur die Eigentümlichkeit haben, zunächst knorpelig zu erhärten, um dann durch Einlagerung von Kalkmassen, insonderheit von phosphorsaurem

---

[19]) Da das äufsere Keimblatt die Haut und das die Sinneseindrücke zum Bewufstsein bringende Nervensystem erzeugt, so hat man es auch das „Hautsinnesblatt" genannt. Andere Forscher nahmen nur Rücksicht auf die von ihm abhängige Bildung der Haut und ihrer hornigen Anhängsel und schlugen die Bezeichnung „Hornblatt" vor.

[20]) Wegen der Blutbildung und der Entstehung der Blutbahnen im mittleren Keimblatt hat man dasselbe auch wohl in seiner Gesamtheit, bezw. zum Teil als das Gefäfsblatt bezeichnet. Aus ihm werden auch die Nieren und deren Nebenorgane sowie die Geschlechtsdrüsen gebildet.

Kalk, ihre endliche Ausbildung zu erlangen, ein Vorgang, der gleichfalls erst aufserhalb der Zeit der foetalen Entwickelung, sagen wir also allgemein erst nach der Geburt vollendet wird;

3. der Rest des inneren Keimblattes, welcher schon frühzeitig (wie in Fig. 20) die Keimscheibe nach unten, d. h. gegen die Dottersubstanz abgrenzt, entspricht in gewissem Sinne der den Körper nach aufsen hin abschliefsenden Haut, er kleidet die Darmröhre als eine unverhältnismäfsig dünne Schicht aus, er bildet die Schleimhaut des Darmkanales, die sich auch in alle Anhängsel des Darmkanales als auskleidende Schicht, als eine Innenhaut hineinzieht. Wir treffen dieselbe deshalb in den dem Darm zugehörigen Drüsen wieder, in den Speicheldrüsen, der Schilddrüse, der Leber, dem Magen und der zum Darme zu rechnenden Lunge.[21])

Wir wollen nun unsere Spezialbetrachtungen über die Organbildung mit der weiteren Entwickelung des Darmrohres beginnen, welches wir als eine einfache Röhre kennen gelernt hatten, welche am vorderen und hinteren Ende des Tieres erst nachträglich mit je einer Öffnung, einer Mundöffnung und einer Endöffnung versehen wurde, während etwa in seiner Mitte die einzige ursprüngliche Öffnung als Nabel in den Dottersack überführte. Schon sehr frühzeitig lassen sich an dieser Röhre bei allen nicht dauernd durch Kiemen atmenden Tieren gleich hinter der sich bildenden Mundhöhle zwei symmetrische Ausstülpungen beobachten, die in das Innere des Tieres hineinstreben. Sie haben zunächst, sehen wir von den Gröfsenverhältnissen ab, die Form eines Handschuhfingers, dessen Spitzenteil aber bald kugelig anschwillt. Die beiden so entstandenen gestielten Bläschen sind die erste Andeutung der zukünftigen Lungen.

Hat das erste Lungenbläschen eine gewisse Gröfse erreicht, so baucht es sich nach einer anderen Richtung schneller aus, es entsteht ein zweites Lungenbläschen, welches von dem ersten durch eine Einschnürung abgegrenzt wird, wie es Fig. 36 veranschaulicht. Schreitet die Ausstülpung der Lungenbläschen und der sie verbindenden Hohlkanäle fort, so sprossen beständig neue Bläschen aus den alten hervor, ein Vorgang, der ohne weiteres aus der Fig. 37 verständlich sein dürfte. Denken wir uns diese Erscheinung immer wieder von neuem

[21]) Da die Schleimhaut in allen Darmabschnitten die Fähigkeit beibehält, Sekrete, namentlich Schleim auszusondern, so hat man das innere Schleimblatt auch schlechtweg das Schleimblatt oder Darmdrüsenblatt genannt. Man kannte aber damals seine Beziehungen zum mittleren Keimblatte nur unvollkommen.

bis ins Tausendfältige fortschreitend, so erhalten wir jene beiden schwammigen Luftsäcke, welche wir als Lungen bezeichnen und wie sie jedermann aus eigener Anschauung von unseren Schlachttieren her kennt.

Was an dieser Stelle einer Betonung bedarf, ist nur die Thatsache, dafs die beiden Lungenhälften Ausstülpungen, Anhängsel des Darmes sind, sie gehören also dem Darmsystem an. Diese Thatsache verliert an Überraschung, sobald wir uns die physiologische Aufgabe des Darmes überhaupt vergegenwärtigen: Der Darm dient der Ernährung des lebenden Organismus. Er hat die aus der Zersetzung der verzehrten Nahrungsmittel hervorgehenden Nährstoffe in sich aufzunehmen und zu weiterer Verarbeitung dem Blute zu-

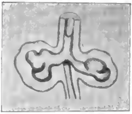


Fig. 36.

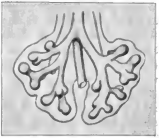


Fig. 37.

zuführen. Einen Teil dieser Ernährung und nicht den unwichtigsten hat die Lunge zu übernehmen: Sie ernährt den Körper durch die Aufnahme von Luft, speziell des alle chemischen Prozesse der Ernährung im Innern des Organismus beherrschenden Sauerstoffes, und dieser Teil der Ernährung ist nicht minder bedeutungsvoll, wie die Aufnahme des täglichen Brotes in der einen oder anderen Form, ja man kann sogar behaupten, die Ernährung durch die Lunge ist der edlere Ernährungsvorgang, der nach dem immer wieder zum Austrag kommenden Prinzip der Arbeitsteilung eben einem besonderen Darmabschnitte, der Lunge, zugewiesen ist.

Gewöhnlich zieht sich der Ausstülpungskanal der beiden Lungenflügel als gemeinsamer Luftkanal durch den Halsteil des Tieres von der Schlundöffnung bis in die Brust hinein, und bezeichnen wir ihn dann als Luftröhre. Da, wo sich dieselbe vom „Schlunddarme" abzweigt, bildet sich der durch besondere Knorpelbildungen gekenn-

zeichnete Kehlkopf. Hinter ihm führt das Darmrohr ohne wesentliche Krümmungen zu erfahren, als Speiseröhre bis zum Magen, der wiederum nichts anderes als ein Darmabschnitt mit besonders starkem Muskelbelage ist, sofern er überhaupt gegen den übrigen Darm abgegrenzt wird, was durchaus nicht bei allen Tieren der Fall ist.[22])

So wie die Lunge eine fortgesetzte Ausstülpung des Darmrohres darstellt, lassen sich auch die dem Darm zugehörigen Drüsen als Ausstülpungen auffassen. Sie entbehren im Gegensatz zur Lunge nur des luftigen Inhaltes, alle ihre Hohlgänge sind mit Sekreten schleimiger oder besonderer chemischer Beschaffenheit erfüllt, welche durch einen oder durch paarige Ausführungskanäle in das Darmrohr übertreten. Bei der gewöhnlich am massigsten entwickelten Drüse, welche wir als Leber zu bezeichnen gewöhnt sind, ist der Verbindungskanal mit dem Darme als Gallengang bekannt. Erweitert sich dieser vor dem Eintritt in den Darm zu einer besonderen Blase, welche die aus der Leber stammenden Sekrete aufsammelt, so nennen wir diese Aussackung eine Gallenblase. Die besonderen Drüsenorgane, die wir je nach ihrer Lage und nach ihren Produkten zu unterscheiden pflegen, wie die Speicheldrüsen, die Schilddrüse, die zwischen Magen und Leber dem Darme sich anschmiegende Bauchspeichel- oder Pankreasdrüse, bedürfen entwickelungsgeschichtlich hier keiner Besprechung. Sie alle sind Ausstülpungsprodukte von ähnlicher Entstehung, wie wir sie für die Lungen andeuteten.

Dagegen scheint uns das Herz einer Besprechung an dieser Stelle bedürftig. In Fig. 19 (rechtes Bild) lernten wir dasselbe als einen Schlauch dicht unter dem sich von dem Dotter abschnürenden Kopfende des Tieres kennen. Von rechts und links her münden die beiden Hauptadern, aus dem Gefäfshof aufserhalb des Keimes kommend, von hinten her in das schon jetzt schwach S-förmig gekrümmte Herzrohr. Da sich das Rohr schneller verlängert, als der Halsteil des Keimes, so nimmt seine Krümmung bald beträchtlich zu. Wir erblicken deshalb, wie schon früher geschildert, das Herz bald als einen frei aus dem Tiere herausragenden Schlauch, die Erscheinung des „springenden Punktes“ veranlassend (Fig. 33 u. 34).

Mit der fortschreitenden Krümmung kommt nun die hintere

[22]) Bei vielen Fischen, wie etwa unserem Hecht, ist der Magen nur wenig weiter als der übrige Darm und nur durch eigenartige Längsfalten charakterisiert. Unter den Vögeln pflegt nur bei den Körnerfressern der Magen durch kräftige, fast halbkugelige Muskeln abgegrenzt zu sein.

Herzkrümmung, der venöse Abschnitt des Herzens, immer mehr nach vorn zu liegen, wobei er sich zugleich dem Rücken des Tieres mehr anschmiegt, während die ursprünglich vordere Krümmung, der arterielle Herzabschnitt, nach unten und hinten rückt. Während sich nun venöser und arterieller Abschnitt umlagern und blasig erweitern, schnürt sich die Mitte zwischen beiden enger zusammen, den Ohrkanal bildend. Die venöse Erweiterung vor ihm nennen wir den Vorhof des Herzens; die arterielle Blase hinter ihm, deren röhrige Fortsetzung sich als „Aortenstamm" bis in die Kopfgegend nach vorn erstreckt, ist die Herzhauptkammer. Vorhof und Hauptkammer werden erst später durch Einschalten einer trennenden Wand in je eine rechte und linke Kammer getrennt, eine Trennung, die sich auch auf den Aortenstamm fortsetzt, der nun zum Ursprung zweier getrennter Hauptadern, der Herzschlagader (Aorta) und der Lungenschlagader (Pulmonalarterie) wird.[23]) Das Fleischigwerden des Herzens ist entwickelungsgeschichtlich ein Punkt von untergeordneter Bedeutung.

Hier ist nun auch der Ort, auf den Ursprung des doppelten Blutkreislaufes, welcher Vögel und Säugetiere auszeichnet, hinzuweisen.

Der nach dem Kopfende sich erstreckende Röhrenfortsatz des Herzens, der Aortenstamm, spaltet sich unter dem Kopfe in zwei nebeneinander verlaufende Adern, welche sich wie zwei Gemshörner bogig nach dem Rücken zurückkrümmen, den ersten Kiemenbogen durchsetzen und nun, sich der Mittellinie des Körpers nähernd, dicht unter der Chorda verschmelzen, um als Rückenschlagader unter dem Rückgrat nach dem Schwanzende zu verlaufen. Mit der Entwickelung der übrigen Kiemenbogen bilden sich nun entsprechend neue Gefäſsbogen, indem jeder Kiemenbogen von einem Gefäſsbogen durchzogen wird. Im ganzen werden sechs Paare Gefäſsbogen angelegt, von denen jedoch einer sehr frühzeitig vollkommen verschwindet. Der aus dem Herzen austretende Aderstrom verzweigt sich daher zu einem symmetrischen Schlundgefäſssystem, welchem jederseits fünf Schlundgefäſse angehören (Fig. 38 rechts). Von diesen Gefäſsbogen verschwinden sehr frühzeitig der erste und zweite auf beiden Seiten des Körpers, ebenso schlieſst sich die Brücke, welche vom dritten zum vierten Gefäſsbogen

[23]) Die Kammerung des Herzens in vier Herzkammern kommt bekanntlich nur den Vögeln und Säugetieren zu. Bei den übrigen Wirbeltieren ist die Trennung des arteriellen und des venösen Blutes nur unvollkommen oder garnicht durchgeführt, und dementsprechend zeigt das Herz bei ihnen einen viel einfacheren, ursprünglicheren Bau.

auf der Rückenseite des Bogensystems führt. Der vierte linke Gefäfsbogen bleibt dauernd erhalten und führt nach rückwärts sich umwendend in das Rückengefäfs (ao), während auf der rechten Seite nur der im rechten Bilde der Fig. 38 mit s bezeichnete Bogen erhalten bleibt. Dadurch wird die gesamte Blutstromverzweigung eine einseitige, unsymmetrische. Man wird diese Verhältnisse mit Leichtigkeit aus unserer Figur ersehen, in welcher diejenigen Zweige von einer starken schwarzen Linie durchsetzt sind, in welchen sich der Blutstrom dauernd erhält, während die sich verlierenden Blutbahnen weifs gelassen sind.

Am eigentümlichsten ist nun das Verhalten des fünften, dem Herzen zunächst liegenden Gefäfsbogens. Von ihm aus zweigt sich jederseits ein in die Lunge überführender Ast (l) ab. Durch den Schlufs des rechten Aderastes, welcher vom vierten Gefäfsbogen über den fünften nach dem Rückengefäfs hinführte, wird nun auch der rechte fünfte Gefäfsbogen beeinflufst. Er wird jenseits des in die rechte Lunge führenden Astes l auf der Strecke B unwegsam, während nach der linken Seite der entsprechende Gang B bis zu dem Momente der Geburt wegsam bleibt. Mit dem ersten Atemzuge aber, den das junge Wesen bei dem Beginne seines Geburtsaktes, das Hühnchen also mit dem ersten Durchpicken seiner Eischale vollendet, schliefst sich dieser Verbindungskanal, der Botallische Gang, das durch die Zusammenziehung des Herzens in die Adern geprefste Blut mufs jetzt also plötzlich aus der Lungenschlagader in die beiden mit l bezeichneten Adern und weiterhin in die Lungen selbst getrieben werden. Von diesem Momente an beginnt die Thätigkeit der Lunge, der doppelte Blutkreislauf, während gleichzeitig das Blut, welches aufserhalb des Körpers durch die Nabelgefäfse hindurch den Weg nahm, aus diesen zurückgezogen wird. Damit wird der Nabel selbst zu einem unwesentlichen Organe, er verengt sich, um schliefslich (meist erst einige Tage nach erfolgter Geburt) gänzlich zu verwachsen.

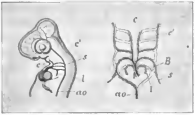


Fig. 38.

Mit dem Eintreten der Lungenatmung ist nun der Atemprozefs auf den vorderen Darmabschnitt, zu welchem wir die Lungen ja

rechnen müeeen, übergegangen, während er in der ganzen vorhergehenden, der längsten Entwickelungsphase, dem hinteren Darmabschnitte, der aus dem Enddarme hervorgetretenen Allantoiehlase üherwiesen war. Zugleich ist damit die Atmung durch ein Organ aufserhalb des Körpers auf ein im Innern liegendes besonderes Organ übertragen worden. Für das Leben aufserhalh dee Eies hezw. aufserhalb eines mütterlichen Körpers ist dies der entscheidendste Vorgang, der wichtigste Moment dee Gehurtsaktes überhaupt.

Wie sich die Blutbahnen weiterhin im Körper verzweigen, liegt selhstverständlich unseren Erörterungen an dieser Stelle fern. Es genügt, wenn wir darauf hinweisen, dafs in unserem Schema (Fig. 38, rechts) die mit s hezeichneten Hauptaderstämme die Schlüsselbeinarterien andeuten, welche den Blutstrom in die vorderen Extremitäten üherleiten, während die Reste der drei ersten Gefäfsbogen eich auf zwei Paare von Hauptadern reduziert hahen, welche als vordere und hintere (bozw. als äufsere und innere) Halsschlagadern (Carotie externa und interna c u. c') bekannt sind. Es sind jene Adern, welche man beim Schlachten der Tiere zu durchechneiden eucht, um eine schnelle Verblutung des Opfers herheizuführen.

Mit der Entwickelung der Ernährungsorgane und des der Thätigkeit derselben erst zum Nutzeffekt verhelfenden Blutkreislaufes, der genau genommen ja ein integrierender Teil der Ernährung genannt werden mufs, ist die sogenannte vegetative Seite des tierischen Lebens zur Selhständigkeit erhoben. Man könnte jetzt in gewissem Sinne den tierischen Körper mit einer Maschine vergleichen, welcher nur das Betriehsmaterial, die kraftliefernde Masse einverleibt zu werden braucht, um den einmal in Gang gesetzten Mechanismus nun dauernd in Bewegung zu erhalten. Dafs dies für die lehendige Welt nicht ausreichen würde, liegt freilich auf der Hand. Das Tier ist sein eigener Betriebsleiter, es mufs sich eeine Betriebsmaterialien eelher beschaffen, selber durch den Genufs der Nahrung sich einverleihen und mit seinem eigenen Bewufstsein in das Weltgetriehe eingreifen, den Kampf ums Dasein aufnehmen. Dazu befähigt es die besondere Ausgestaltung seiner Sinneswerkzeuge. Auch hezüglich dieser wollen wir einige Betrachtungen hier unterhreiten.

Der Sitz aller geietigen Regungen, der Sammelpunkt aller Empfindungen — wer wüfste das nicht — ist das Gehirn, im sich entwickelnden Keime also eine unförmliche, wassererfüllte Blase. Ihre Wand, wie wir kennen gelernt haben, aus der Aufsenhaut abgeschnürt

und in das Körperinnere verlegt, ist die an das Rätsel einer Sphinx erinnernde Gehirnsubstanz, im Prinzip also Protoplasma! Wie unendlich reizvoll wäre es zu wissen, wie sich in ihm die Sinneseindrücke zu bewufster Empfindung umsetzen und wie die Empfindungen nun wie chemische Reaktionen aufeinander einwirken, um Notwendigkeit und Freiheit, Können, Wollen und Handeln bald in ein harmonisches Gleichgewicht, bald in einen Widerstreit zu versetzen? Wir wissen nichts von dem allen, und auch die Entwickelungsgeschichte der Organismen, selbst bis in die feinsten Einzelheiten verfolgt, wird uns nichts verraten. Nur eines lehrt uns die Beobachtung: Wie sich das Gehirn mit immer höher steigender Anforderung an seine Leistungsfähigkeit aus jener Blasenform zu einem komplizierten Organe umgestaltet.

Schon in den ersten Tagen der Bebrütung läfst die vorn erweiterte, nach hinten sich verengende und in die Röhre des Rückenmarkes allmählich übergehende Hirnblase (vergl. unsere Fig. 18) durch Einschnürungen drei Abschnitte erkennen: Vorderhirn, Mittelhirn und Hinterhirn, die sich bald darauf durch tiefe Einbuchtungen gegen einander abgrenzen. Das Vorderhirn nimmt dabei aufserordentlich an Volumen zu. Seine beiden seitlichen, fast halbkugligen Wölbungen sind die erste Andeutung der werdenden Augen, die Augenblasen (Fig. 19 läfst sie schon deutlich erkennen). Während sich nun diese mehr und mehr durch Einschnürung des der Kopfmitte genäherten Teiles vom übrigen Hirnkörper absondern — schliefslich gleichen sie zwei erbsenförmigen Blasen, welche mit einem hohlen Stiele (dem eingeschnürten Blasenabschnitte) dem Reste des Vorderhirnes rechts und links anhängen — dehnt sich dieser vor den Augenanlagen zum Grofshirn, während es sich zwischen und über den Augenblasen zum Zwischenhirn erweitert. Das Mittelhirn erfährt nur wenig Änderungen, dagegen zerschnürt sich das Hinterhirn durch eine quere Furche in eine Kleinhirnblase und das dieser folgende Nachhirn. Das Hirn gleicht nunmehr fünf hinter einander liegenden Blasenräumen, die von vorn nach hinten aufgezählt Grofshirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Kleinhirn und Nachhirn heifsen. Die Augenblasen sitzen mit ihrem „Augenstiel", dem zukünftigen Sehnerven, seitlich dem Zwischenhirne an.

Die Anordnung der Hirnabschnitte wird in der weiteren Entwickelung freilich schwierig erkennbar. Zunächst, weil der Kopf sich gegen den Rumpf stark beugt, wobei das Grofshirn nach vorn, die Stirn bildend, zu liegen kommt (vergl. Fig. 34). Dazu kommt

noch, daſs das Groſshirn durch eine Art Scheidewand (die **Hirnsichel**) von vorn und oben her nach abwärts tief eingefaltet wird. Die Groſshirnblase wird dadurch in zwei Groſshirnhälften (linke und rechte Hemisphäre, den **ersten** und **zweiten Ventrikel** umhüllend) zerlegt, welche beim erwachsenen Tiere die groſse Masse des Hirnes ausmachen und scheitelwärts über die übrigen Hirnabschnitte als Hirnmantel hinwegwachsen. Nimmt die feste Hirnmasse allmählich zu, so verlieren sich die Hohlräume der Blasen, auch lassen die Groſshirnhälften dann jene eigenartigen Falten und Windungen erkennen, deren reichere Entwickelung mit der sich steigernden geistigen Thätigkeit, der Intelligenz, bekanntlich Schritt hält.

Die Zwischenhirnblase bleibt dauernd klein, es verdicken sich nur die Seitenwandungen durch Einlagerung von Nervensubstanz. Ihr Hohlraum wird der **dritte Ventrikel** genannt. Aus dem hinteren Abschnitt der Deckenwandung nimmt eine handschuhfingerähnlich gestaltete Ausstülpung, die **Zirbeldrüse** (glandula pinealis, Pinealdrüse) ihren Ursprung, ein rätselhaftes Gebilde, dessen Bedeutung noch nicht völlig klar ist. Historisch interessant ist die Ansicht, welche der berühmte Mathematiker und Philosoph **Descartes** über dieselbe aufstellte. Da sie das einzige Gebilde des Hirns ist, welches nicht doppelseitig nach rechts und links symmetrisch entwickelt ist, sondern das einzige unpaare, genau in der Hirnmitte zur Entwickelung kommende, weder der rechten noch der linken Seite des Körpers zugewiesene Organ darstellt, so glaubte jener Gelehrte hier den Sitz des Lebens bezw. des die Lebensfunktionen leitenden Geistes suchen zu müssen.[24]) Die moderne Naturforschung ist über diese philosophische Spekulation freilich hinweggeschritten, die vergleichende Betrachtung legt vielmehr die Wahrscheinlichkeit nahe, daſs die Zirbeldrüse eine Art unpaares Auge darstellt, welches jedoch nicht zur vollen Ausgestaltung gelangt. Von anderer Seite wird die Zirbeldrüse als ein Wärme (statt des Lichtes) zur Empfindung bringendes Organ bezeichnet.

Am wenigsten verändert sich die dritte Hirnblase, das Mittelhirn. Sein verengter Hohlraum heiſst bei den Anatomen die **Sylvische** Wasserleitung. Ihre Deckwandung wird durch eine Mittelfurche, der bald danach eine Querfurche folgt, zu den **Vierhügeln**, die

[24]) Noch heutzutage glaubt man ja ganz allgemein im Kreise der Laien, daſs das „Leben" gerade unter dem Scheitel im Hirn zu suchen sei, an der Stelle, wo die Schädeldecke erst nach der Geburt allmählich verknöchert.

während der Entwickelung des Keimes längere Zeit den Scheitelhöcker des Kopfes ausfüllen.

Das vierte Hirnbläschen ist durch die kräftige Ausbildung seiner Deckenwandung ausgezeichnet. Sie wird zu einem dicken, quergefurchten Wulste, dessen Seitenteile zu halbkugeligen Gehirnmassen, den *Kleinhirnhemisphären* werden. Längs halbiert zeigen dieselben eine eigentümliche baumartige Zeichnung, den Lebensbaum (arbor vitae).

Die letzte Hirnblase, das Nachhirn, führt allmählich in das Rückenmark über, dessen Röhrenwandung nur auf beiden Seiten an Dicke beträchtlich zunimmt, so dafs der Hohlraum auf Querschnitten als ein schmaler Spalt erscheint, dessen Entstehung und Umbildung unsere Fig. 20, 21 und 33 bereits zur Anschauung brachten.

Es ist eine genugsam bekannte Thatsache, dafs in dem hier nur ganz flüchtig nach seiner Entstehung in Betracht gezogenen Hirn und Rückenmark das *Zentralnervensystem* erblickt werden mufs, welchem alle Empfindungen der Sinne übermittelt werden, die, zum Bewufstsein gelangt, den Willen und die That als weitere Folge zeitigen. Zur Ergänzung bedarf es hier nur noch eines Hinweises auf die alle Empfindungen vermittelnden Sinnesorgane selbst. Dabei können wir von dem allgemeinsten Sinne, dem Gefühlssinne, ganz absehen, da ihm keine spezifischen Organe aufser den Ausläufern des Zentralnervensystems zugewiesen sind. Auch der Geschmackssinn, der ja bei den niederen Wirbeltieren kaum merklich entwickelt ist, kann hier übergangen werden. Dagegen interessieren uns, schon mit Rücksicht auf unser eigenes Ich, die höheren Sinnesorgane, Auge, Ohr und Geruchsorgan.

Das *Auge*, das edelste Sinnesorgan, lernten wir bereits als ein dem Zwischenhirn entstammendes Bläschen kennen, als *primäre Augenblase*, dessen verengerter Stiel zum Sehnerven sich ausgestaltet (Fig. 39, rechts). Beim Hühnchen beginnt seine Bildung bereits mit dem zweiten Tage, mit dem fünften Tage ist das Auge bereits in allen seinen Teilen äufserlich fertig — in Anbetracht der Kürze der Zeit eine erstaunliche Leistung der schöpferischen Naturkraft!

Sobald die Augenblase ihre maximale Gröfse erreicht hat, was gewöhnlich mit dem Zeitpunkte zusammenfällt, wo die Blase von innen her bis an die den Kopf überziehende Haut herangewachsen ist, greift eine wesentliche Umgestaltung Platz. Die Augenblase wird von aufsen her nach innen eingestülpt, so dafs sie zeitweilig wie ein doppelwandiger Becher erscheint. Noch anschaulicher wird uns der Vor-

gang, wenn wir uns die Augenblase wie einen lufterfüllten Gummiball vorstellen, der, angestochen, von einer Seite her eingestülpt wird, bis die eingestülpte Hälfte sich der nicht eingestülpten völlig anlegt. Die Augenblase wird durch diesen Einstülpungsprozefs zum Augenbecher, der aber merkwürdig unsymmetrisch wird, weil sich die Einstülpung unterseits bis auf den Augenstiel, also einseitig fortsetzt (Fig. 40—42).

Gleichzeitig mit der Einstülpung des Augenbechers senkt sich nun auch die das Auge überziehende Haut der Körperoberfläche zu-

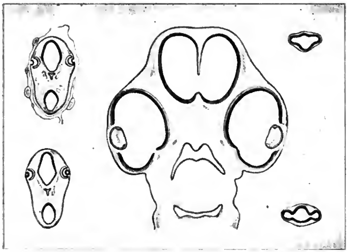


Fig. 39.

nächst grubig, dann immer tiefer werdend, in den Augenbecher hinein, dann zieht sich die eingesenkte Haut längs ihrer Faltungslinie enger und enger, etwa wie ein Säckchen geschlossen wird, zusammen, der Einschnürung des Säckchens folgt eine Lostrennung, eine völlige Abschnürung desselben, worauf das abgeschnürte Hautsäckchen vom Rande des Augenbechers umfafst wird, wio man etwa einen Edelstein à jour von unten her in Gold fafst (Fig. 39, links). Das abgeschnürte Stück der Körperhaut ist die erste Anlage der Augenlinse, gewifs eine der merkwürdigsten Thatsachen, deren verblüffende Entdeckung wir einem deutschen Forscher, Huschke, verdanken. Die Entdeckung ist bereits im Jahre 1832 gemacht worden, ohne dafs ihre Kenntnis bisher zu einem Gemeingut der gebildeten Kreise geworden wäre.

Als abgeschnürtes Hautsäckchen ist die Linse natürlich noch ein Hohlkörper. Ihre Ausfüllung geschieht in der Weise, dafs von ihrer Innenwand her Fasern nach aufsen wachsen, welche sich in ihrer Gesamtheit als eine Art Pfropf der Innenwand aufsetzen. Endlich verdrängen sie, die Linsenaufsenwand erreichend, den Hohlraum ganz, die Linse ist zum Vollkörper geworden, der allmählich homogene Beschaffenheit und die optische Eigenschaft geschliffener Glaslinsen erhält. Man wird diese Verhältnisse unschwer aus unseren Fig. 39 bis 42 erkennen. Fig. 40 zeigt uns den von vorn her eingedrückten, den „sekundären" Augenbecher nach einer plastischen Darstellung. Die Linse ragt über den Becherrand noch ein wenig hervor. Fig. 42 entspricht einem idealen Längsschnitte, welcher den Augenstiel jedoch nicht in seiner Längsfalte getroffen hat, während Fig. 41 den Schnitt



Fig. 40.



Fig. 41.



Fig. 42.

gerade durch die Mitte des Bechers und des Augennerven darstellt. Den Grund des Bechers, d. h. den Raum zwischen Becherwand und Linse füllt der aus einer Art durchsichtiger Gallerte bestehende Glaskörper, während sich vor der Linse ein von der losgetrennten Haut überspannter Hohlraum, die vordere Augenkammer bildet. Dieselbe gewinnt ihre festen Umrifsformen durch eine sehnige Umwandlung der den Augenbecher umgebenden Fleischmassen, welche man später als die Hornhaut des Augapfels zu bezeichnen pflegt. Sie schiebt sich vor der Linse längs der Aufsenhaut vorwärts, im vorderen Augapfel die durchsichtige Hornhautfläche erzeugend, durch welche die Lichtstrahlen in das Innere des Auges gelangen.

Der wichtigste Teil des Auges ist nun die Doppelwandung des sekundären Augenbechers. Seine innere, dem Glaskörper unmittelbar aufliegende Wand wird zur empfindenden Netzhaut des Auges, die hinter dieser liegende Aufsenwand des Bechers wird zu einer durch schwarze Farbstoffkörper charakterisierten Farbstoffschicht (Pig-

mentschicht), während der die Linse umschliefsende Becherrand sich allmählich unter gleichzeitiger Verdünnung nach dem Linsenrande hin zum Kranzkörper (corpus ciliare) einfaltet, vor der Linse aber sich zu einem Vorhange mit kreisrunder Öffnung verengt. Der Vorhang ist die äufserlich die Farbe des Auges bedingende Regenbogenhaut oder Iris, ihre zentrale, der Erweiterung und Verengerung fähige Öffnung das Sehloch (die Pupille).

Ist damit der optische Apparat des Auges fertiggestellt, so entwickeln sich bei den höheren Wirbeltieren (nicht bei den Fischen) oberhalb und unterhalb des Augapfels zwei Hautfalten, die nebst der von ihnen überdeckten Fleischlamelle sich über die vordere Augenfläche hinwegschieben: ein oberes und ein unteres Augenlid, die Augenlidspalte zwischen sich lassend. Vor der Geburt des Tieres, bei Säugetieren oft auch noch längere Zeit nach derselben, liegen sie geschlossen über dem Auge, es gegen Verletzungen durch Fremdkörper sowie gegen den Zutritt grellen Lichtes zunächst noch schützend.

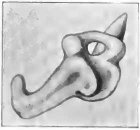


Fig. 43.

Gleichzeitig mit der Entwickelung der Augen vollzieht sich etwa oberhalb der ersten Kiemenspalte zu beiden Seiten des Nachhirns die Bildung der Ohren, worunter wir nicht die äufsere Ohrmuschel verstehen dürfen, welche ja nur den Säugetieren, unter den Vögeln, bis zu einem gewissen Grade entwickelt, nur den Eulen zukommt. Die erste Andeutung des die Schallempfindung vermittelnden Gehörorganes erkennen wir in einer grubenförmigen Vertiefung des äufseren Keimblattes, der äufseren Haut der Kopfblase. Durch Verengung des Grubenrandes entsteht in ganz ähnlicher Weise, wie die Abschnürung der Augenlinse erfolgt, aus dem Hörgrübchen ein Hörbläschen, welches sich bald von der sich über ihm zusammenschliefsenden Haut völlig abtrennt, indem sich aus dem mittlern Keimblatte fleischige Substanz zwischen Haut und Hörbläschen einschiebt. Das Hörbläschen wird dadurch in das Innere des Kopfes verlegt, während es doch der äufseren Körperhaut entstammt. Anfänglich fast kugelig, erfährt es bald durch ungleiches Wachstum nach verschiedenen Richtungen Ausstülpungen (Fig. 43). Es wird zum häutigen Labyrinth. Zunächst verlängert es sich nach einer Richtung zu einem handschuhfingerähnlichen hohlen Fortsatze, dessen Spitze sich erst ein wenig,

dann stärker und stärker krümmt (in Fig 43 nach links gerichtet), endlich sich schneckenartig aufrollt, nun die Gehörschnecke bildend. Diesem Fortsatze entgegengerichtet stülpt sich ein anderer hohler Fortsatz aus (in Fig. 43 nach rechts hinten gerichtst), der Labyrinthanhang (recessus vestibuli), während der mittlere Blasenteil drei taschenförmige Erweiterungen bildet. Jeds dieser flachen Taschen zieht sich nun in ihrem mittleren Teil von rechts und links her ein, etwa in dsr Art, als drückte man Boden und Deckel einer ganz flachen elastischen Dose in der Mitte zwischen Daumen und Zeigefinger zusammen, bis sich Boden- und Deckelmitte mit einander berühren. Längs der Berührungsfläche tritt darauf eine Verwachsung ein, es bleibt also von der ganzen Labyrinthtasche nur die Kante als ein Hohlgang bestshen. Wird nun die durch Verwachsung entstandene Mittelwand durchbohrt und allmählich zum Verschwinden gebracht, so ist aus der Tasche ein henkelförmiger, innen hohler Anhang der Gehörblase geworden, einer der „halbkreisförmigen Bogenkanäle" des Labyrinthes. In Fig. 43 ist der nach oben gewandte bereits fertig gebildet, der nach vorn und der nach rechts unten hin gewandte befinden sich erst noch auf dem Zustande der Taschenform.

Der Hörnerv, aus dem Gehirn kommend, breitet sich im Innern des Labyrinthes aus, doch müssen wir an dieser Stelle darauf verzichten, auf den feineren Bau des Labyrinthes und des Hörnsrven einzugehen. Es genügt uns hier auf die Thatsache hingewiesen zu haben, dafs das Ohr (wie das Auge) in seinsm akustisch wirksamen Teile der äufseren Haut bezw. dem äufseren Keimblatte entstammt. Dafs sich um das häutige Labyrinth herum die dem mittleren Keimblatte angehörigen zunächst fleischigen Massen in Knorpel und später zu äufserst fetten Knochen — dem Felsenbein — umgestalten, ist entwickelungsgeschichtlich sin Punkt von untergeordneter Bedeutung, der hier gar keiner Erörterung bedarf. Nur auf einige Gesichtspunkte mag noch hingewiesen werden.

Schon die Anlage der Hörgrübchen fand in der Nähe der ersten Kismenspalte statt. Ist das Hörbläschen abgeschnürt, so liegt es ganz dicht der Kiemenspalte an, deren Verschlufs ein zartes Häutchen bildet, das Trommelfell. Es scheidet die Kiemenspalte in einen nach aufsen sichtbar mündenden Teil, den äufseren Gehörgang (an dessen Rand sich bei den höchst entwickelten Tierformen die Ohrmuschel als Schallfänger ansetzt) und in einen in die Mundhöhle sich öffnenden Abschnitt, der wesentlich an der Bildung der Pauken-

höhle und der Eustachischen Röhre beteiligt ist. Dicht hinter dem Trommelfell, der Paukenhöhle sich anschmiegend, liegt das Labyrinth, auf dessen wässerigen Inhalt zunächst die das Trommelfell in Bewegung setzenden Schallschwingungen übertragen werden. Bekanntlich wird diese Übertragung durch drei Gehörknöchelchen, Hammer, Ambos und Steigbügel, bewirkt, deren Entstehung zu verfolgen hier nicht der Ort sein kann.

Einfacher als die Entwickelung des Auges und des Ohres gestaltet sich das Geruchsorgan. Seine Ausbildung steht mit der Ausgestaltung der vor den Augenblasen liegenden Kopfpartie, die wir schlechthin als Gesicht oder als Antlitz zu bezeichnen pflegen, im innigen Zusammenhange. Während die Kiemenbogen von rechts und

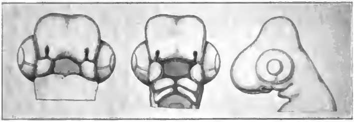


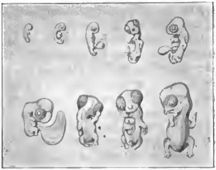
Fig. 44.

links her als fleischige Kopfanhänge hervorsprossen, um sich dann nach vorn zusammenzuneigen und später zu verwachsen, entsendet die das Vorderhirn umschliefsende Kopfblase einen breiten Stirnfortsatz nach vorn und unten (vergl. Fig. 44). Zu beiden Seiten desselben entstehen dabei zwei grubige Vertiefungen, die Geruchsgrübchen, auf deren Innenfläche der aus dem Grofshirn kommende Riechnerv sich ausbreitet. Beim Hühnchen bildet sich derselbe bereits am 7. Tage der Bebrütung des Eies und zwar in der Weise, dafs aus jeder Grofshirnhälfte auf deren unterer Wand eine Ausstülpung (analog dem Augenbecher) hervorwächst, die sich in einen langen stielartigen Teil und einen blasig kolbigen Endabschnitt gliedert. Die Endblase schmiegt sich dem Riechgrübchen eng an und kann mit diesem später noch mannigfaltige Krümmungen erhalten, Faltungen, die auch hier besonderer Besprechung nicht bedürfen.

Die Gesichtsbildung wird nach der Anlage der Sinnesorgane in der Weise vollendet, dafs sich die seitlichen Ränder des Stirnfortsatzes

und des äufseren Randes der Nasengrübchen unter diesen zusammenschliefsen. Die äufseren Nasengrübchen werden dadurch zu den Nasengängen, deren Endöffnung wir äufserlich als Nasenlöcher erkennen. Aus der Verwachsung des Stirnfortsatzes mit dem oberen Fortsatze des ersten Kiemenbogens (vgl. Fig. 44) entsteht der Oberkiefer, beim Hühnchen also der Oberschnabel, aus den beiden unteren Abschnitten des ersten Kiemenbogens entsteht der Unterkiefer bezw. der Unterschnabel. Die Spalte zwischen Ober- und Unterkiefer ist die bleibende äufsere Mundöffnung, während der von Stirnfortsatz und Kiefern umhüllte Raum die Mundhöhle bildet, in die das mittlere Bild der Fig. 44 noch den Einblick gestattet.

Nachdem wir im Vorangehenden die Bildung der Ernährungs- und der Sinnesorgane kennen gelernt haben, bleibt uns nur noch die Betrachtung der Bewegungs-Organe, die äufsere Körpervollendung zu besprechen übrig. An der Hand unserer Fig. 45 und 46 stöfst diese Aufgabe auf keine Schwierigkeit. In Fig. 45 zeigt das erste Bild der oberen Reihe den Hühnerkeim vom Anfang des dritten Tages in natürlicher Gröfse. Am Ende des dritten oder in den ersten Stunden des vierten Tages entspricht er dem nächstfolgenden Bilde. Das Auge ist durch seinen Linsenkörper bereits angedeutet. Am Ende des vierten Tages sind die Augen als Blasen deutlich erkennbar, die Allantoisblase beginnt schon aus dem hinteren Darmabschnitte hervorzuwachsen. Eine wichtige Erscheinung zeigt aber der Rumpf. Dicht hinter dem Kopfe (ein Hals ist noch kaum zu unterscheiden) wuchert jederseits ein Fleischwulst hervor, die erste Andeutung der Vorderextremitäten, die wir ebenso gut als Arme, wie als Vorderfüfse oder als Flügel bezeichnen können. Zwei ganz ähnliche Fleischhöcker sitzen dicht über dem Schwanzende beiderseits dem Rumpfe an. Sie bilden die erste Andeutung der hinteren Extremitäten, des Beinpaares. Die beiden Bilder rechts in der obern Reihe der Figur zeigen uns Hühnchen vom fünften Brüttage. Die Augen sind mächtig vergröfsert,


Fig. 45.

das Gesicht aber noch nicht fertig entwickelt. Stirnfortsatz und Oberkiefer sind noch nicht zum Oberschnabel vereinigt. Die Arm- bezw Flügel- und Beinpaare treten aber jetzt als flossenartige Fleischanhänge des Rumpfes deutlicher hervor. Das Bild, welches die untere Reihe in der Figur links beginnt, stellt uns das Hühnchen vom 6. Tage dar. Der blasig entwickelte Kopf hat das Übergewicht über alle übrigen Körperteile erlangt. Durch die starke Kopfbeuge grenzt sich auch der Hals zwischen Kopf und Rumpf schärfer ab. Die Allantoisblase ragt aus der Nabelöffnung vergröfsert hervor. Die Beinchen lassen deutlich durch ihre Krümmung Ober- und Unterschenkel unterscheiden. Der Fufsteil erscheint als kaum unterscheidbare Endplatte. Die beiden mittleren Bilder der unteren Reihe in Fig. 45 zeigen uns das Hühnchen vom Ende des 6. bis Anfang des 7. Brüttages. Der Kopf neigt sich jetzt schon so, dafs er unter dem linken Arm bezw. Flügel zu liegen kommt, eine Lage, welche er beim Hühnchen im Ei dauernd beibehält. Die Beinchen, welche noch nichts zu tragen haben, sind krumm und schmiegen sich dem gekrümmten Schwanzende an. Das letzte Bild der Figur zeigt uns das Hühnchen etwa vom 7. bis gegen Anfang des 8. Tages. Der Schnabel ist deutlich geworden, der Hals ist kräftig entwickelt, die Flügel bleiben fingerlos, während die Fufsplatte der Hinterbeine drei Zehenanlagen erkennen läfst, welche durch eine Art Schwimmhaut verbunden sind.

Vom 8. bis zum 10. Tage finden wir das Hühnchen wie in Fig. 46 gestaltet. Der Gesichtsteil ist fertig gebildet — obwohl noch nicht gerade schön zu nennen. Der Rumpf hat an Gröfse merklich zugenommen, der Nabel ist stark verengt. Über die Augen hin schieben sich von oben und unten die Lider hinweg, ohne den Augapfel ganz zu bedecken. An dem Flügel läfst sich aufser dem Endfinger die Anlage eines Daumens erkennen, der sich aber nicht weiter entwickelt. Die Füfse zeigen die stark verlängerten drei Vorderzehen, während ihr „Daumen“ als Hinterzehe noch verkürzt erscheint.

Mit dem 9. und 10. Tage bedeckt sich die gesamte Körperhaut mit einem Federflaum, wobei man besonders auf dem Kopfe, auf dem Rücken, den Oberarmen und den Schenkeln zierliche Federreihen, die sogenannten Federfluren, unterscheiden kann.

Am 11. und 12. Tage hat das Hühnchen an Gröfse beträchtlich zugenommen, die Augenlider sind geschlossen, das Federkleid des Kückens ist völlig ausgebildet, Schnabel, Flügel und Beine sind wohl entwickelt (Fig. 47). Am 13. Tage haben Schnabel und Füfse bereits ihre Hornbedeckung erhalten, das Hühnchen ist in allen Teilen

äufserlich und innerlich für unser Auge fertig, aber noch wäre es aufserhalb des Eies nicht lebensfähig, es hat seine Mitgift noch nicht aufgezehrt. Aus seiner Nabelöffnung hängt der Dottersack mit dem für die weitere Ausbildung aller Organe bestimmten Nährmaterial heraus. Dasselbe nimmt mit jedem Tage, ja mit jeder Stunde beträchtlich ab. Vom 15. bis zum 16. Tage verschwindet der letzte Rest des Eiweifses. Vom 17. bis zum 19. Tage tritt der Rest der Dottermasse durch die Nabelöffnung in den Leib des Tieres über, die Nabelöffnung schliefst sich endlich ganz und verwächst, während gleichzeitig das Hühnchen im Ei seine maximale Gröfse erreicht. Jede weitere Gröfsenzunahme wird durch die nun ziemlich morsch gewordene Ei-

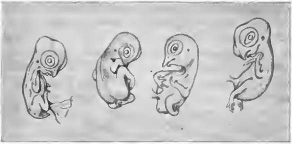


Fig. 46.

schale behindert. Das Gefängnis wird für den kleinen Weltbürger nach allen Richtungen hin zu eng, der unwiderstehliche Drang nach Befreiung macht sich geltend — Hühnchens Geburtstag ist nicht mehr fern! Namentlich will das Köpfchen sich aus seiner Zwangslage unter dem Flügel befreien. Der Schnabel drängt sich im stumpfen Ende des Eies in den hier befindlichen, nun noch vergröfserten Luftraum, es beginnt der erste Atemzug, die Lungenatmung, und verleiht dem Tiere neue Kräfte. Ein ungeduldiger Ruck — und die Eischale erhält den ersten Sprung, gewöhnlich nahe dem stumpfen Ende in Form dreier von einem Punkte ausgehenden kurzen Strahlen. Damit hebt der wichtigste Befreiungsakt an. Das Hühnchen steht an der Schwelle des Schicksals. Sich um seine eigene Körperachse drehend, mit den Füfsen sich von innen gegen die Eischale stemmend, bricht es Stück für Stück von der ersten Rifsstelle aus die Eischale ab; die es noch umhüllende mit der Eihaut vereinigte, von Blutadern durchzogene Allantois — Amnion und seröse Haut sind mit blofsem Auge nicht

mehr erkennbar — wird unregelmäfsig zerrissen. Noch wenige Gewaltanstrengungen, und das Tierchen fällt im wahren Sinne des Wortes in die Welt hinein, in die es sofort mit neugierigen Blicken hineinschaut.

Der Geburtsakt dauert beim Hühnchen nicht minder lange, als bei anderen Geschöpfen. Im günstigsten Falle eine oder mehrere Stunden, oft aber auch 12 bis 24 Stunden. Gelingt die Befreiungsarbeit dann noch nicht, so ist Gefahr im Verzuge. Sie künstlich abzuwenden, fühlt sich der Mensch meist nicht berufen — nur weil es sich nicht um wertvollere Geschöpfe handelt, als um Kücken. Die Gefahr liegt besonders in der leichten Verletzlichkeit des aufserhalb des Körpers belegenen Blutgefäfssystemes der Allantois. Werden gröfsere Adern desselben gesprengt, so tritt durch den Nabel hindurch eine Verblutung des Tieres ein, zum mindesten geht ein Teil des aufserhalb des Tieres befindlichen Blutes nicht in den Körper ein, dem das Blut selbstverständlich die kostbarste Nahrungsflüssigkeit bietet. Glücklicherweise läfst sich nun auch beim Hühnchen wie anderwärts voraussetzen, dafs, wenn die Entwickelung im Ei bis zum Momente der Geburt eine ungestörte, nicht durch unnatürliche Eingriffe behinderte war, auch die Befreiungsarbeit, trotz aller Gefahren, sicher und prompt von statten zu gehen pflegt.

Ist mit der Geburt die erste Phase des Lebenslaufes beendet, so tritt nunmehr der Kampf ums Dasein rücksichtslos dem Weltbürger entgegen. Ihn siegreich auszuhalten vereinen sich körperliche und geistige Fähigkeiten, die sich mit erstaunlicher Schnelligkeit entwickeln. Sie auf das Höchste zu entfalten, ist das Ziel des folgenden Lebensabschnittes, dessen Betrachtung dem Zwecke unserer Schilderung fern liegt.

Wir könnten hiermit unsere Aufgabe als gelöst ansehen, doch würden wir dann auf die Ausbeutung der gewonnenen Ergebnisse Verzicht leisten. Es sei deshalb gestattet, noch einige allgemeine Gesichtspunkte flüchtig zu streifen.

Wir haben unserer Darstellung die Entwickelung des Hühnchens zu Grunde gelegt. Dafs wir damit auch die Entwickelung jedes anderen Vogels in ihren Grundzügen gekennzeichnet haben, ist unmittelbar einleuchtend. Für andere Vögel würde sich, je nach der Gesamtentwickelungsdauer im Ei, die im allgemeinen wohl zwischen 12 und 30 Tagen, je nach der Gröfse des Vogels, schwankt, nur die Zeitlichkeit der einzelnen Entwickelungsphasen verschieben. Es wird aber wohl unseren Lesern nicht entgangen sein, dafs die Entwicke-

lung des Vogels im Ei zugleich als das allgemeine Beispiel der Entwickelung aller höheren Lebewesen gelten darf. Im Prinzip vollzieht sich wie die Entwickelung des Hühnchens im Ei auch die der niederen Wirbeltiere, der Fische, der Amphibien und Reptilien. Wichtiger aber ist noch die Thatsache, dafs auch die höheren Tiere, die Säugetiere — und mit diesen der Mensch — wesentlich die gleichen Entwickelungsstufen durchlaufen. Achten wir aber auf die Einzelheiten des Werdeprozesses, so wird man unschwer erkennen, dafs jede höhere Entwickelungsstufe eine verwickeltere Umgestaltung der in allen Fällen gleichen Grundorgane mit sich bringt. Es liegt hierin eine der fundamentalsten Thatsachen, welche die moderne Naturbetrachtung zum Bewufstsein gebracht hat, welche man als den Angelpunkt für die am schärfsten durch Darwin und seine Anhänger — und wer wäre unter den modernen Naturforschern nicht zu diesen zu zählen — zum Ausdruck gebrachten Weltanschauung ansehen mufs.



Fig. 47.

Die Entwickelungsgeschichte der höheren Lebewesen erscheint uns heute als der Beweis für das Grundgesetz, nach welchem alle höheren Lebewesen von niedereren Formen abstammen. Die Lebewelt ist eine immer höherer Vollendung entgegenstrebende Einheit, sie bildet eine immerwährende, ununterbrochene, vor Äonen begonnene und noch heute vor sich gehende Schöpfungsgeschichte, und diese spiegelt sich umgekehrt wieder in der Entwickelung des Einzelwesens, das — wie es bekanntlich Häckel zuerst betont hat — gleichsam im Fluge von der Eizelle bis zu seiner Geburt gestaltlich die unter ihm stehenden Lebensformen durcheilt.

Mittheilungen.

Zur Sonnenphysik.

Mit den immer höher emporgeschraubten Anforderungen an die Genauigkeit wissenschaftlicher Messungen, welchen die mechanische Kunst unserer Tage so weit entgegenkommt, geraten manche bisher als wohlbegründet angesehene Ergebnisse der Wissenschaft ins Schwanken. Wird — wie Helmholtz in seiner Gedächtnisrede auf Fraunhofer sagte — alles, was vorher fest schien, elastisch, wenn die Vollkommenheit des messenden Instrumentes fortschreitet, so läfst sich das sehr wohl auf die Gesetze der Natur anwenden, die eben nur so lange als wohl etabliert anzusehen sind, als die Genauigkeit der grundlegenden Beobachtungen einen gewissen Grad nicht überschreitet. Die noch keine vier Dezennien alte Spektralforschung hat eine grofse Anzahl von Etappen auf dem Wege der Erkenntnis der Himmelskörper machen lassen, deren jede einem Fortschritt in der Exaktheit der Messungen entsprach. Das Spektrum der Sonne galt anfangs als kontinuierlich und nur unterbrochen von dunklen Linien. Später liefsen die äufseren Schichten zuerst bei Sonnenfinsternissen, dann auch bei vollem Sonnenschein helle Linien erkennen, und heutzutage, nachdem das Instrument eine kaum noch überschreitbare Grenze der Vorzüglichkeit erreicht hat, haben Hale in Chicago und Deslandres in Paris gezeigt, dafs solche helle Linien jederzeit auch auf den mittleren Teilen der Sonnenscheibe sichtbar sind, so dafs uns nichts mehr abhält, die Sonne als einen Stern mit hellen Linien anzusehen, also — mit Beding natürlich — sie einzurangieren in jene geringzählige Horde merkwürdiger Himmelskörper, die diesen absonderlichen Charakter haben.

Ein anderes Ergebnis der Forschung, das bislang unbestritten dastand, ist die Verschiebung der Spektrallinien, die man bisher als eine alleinige Folge der relativen Bewegung der Himmelskörper gegen unseren Standpunkt, bei nicht selbst leuchtenden nach Poincaré auch als eine solche der Bewegung gegen die ursprüngliche Licht-

quelle ansah.[1]) Jetzt haben Jewell, Humphreys und Mohler von der John Hopkins Universität in Baltimore durch Versuche im Laboratorium eine Abhängigkeit der Wellenlänge des Lichtes von dem Drucke gefunden, der auf das Gas oder den Dampf ausgeübt wird, welcher als Lichtquelle dient. Damit erscheinen die schönen Schlüsse, die man bislang aus der Verschiebung der Spektrallinien nach dem Dopplerschen Prinzipe gezogen hat, gefährdet. Zur Beruhigung kann es allerdings dienen, dafs die vom Druck hervorgebrachten Teile jener Lagenänderungen jedenfalls innerhalb der Grenzen der Genauigkeit liegen, mit der man diese bisher für die meisten Himmelskörper hat messen können. Wenigstens für die Sterne der Klasse IIa, deren Spektrum die meiste Ähnlichkeit mit dem der Sonne aufweist, wird man annehmen können, dafs in ihrer Atmosphäre ähnliche Druck- und Temperaturverhältnisse wie auf der Sonne herrschen, und dafs bei ihnen die Verschiebungen infolge des Druckes im allgemeinen zu klein sein werden, als dafs man sie mit einem gewöhnlichen Spektrographen entdecken könnte. Indessen möchten bei Sternen, deren umkehrende Schichten höheren Drucken unterworfen sind, die Verschiebungen durch den Druck beträchtlich genug werden. Nun ist aber durch die vorliegenden Untersuchungen gezeigt, dafs die Wellenlängen gewisser Spektrallinien nicht vom Drucke beeinflufst werden, und man wird bei künftigen Messungen der Bewegung in der Gesichtslinie mit Vorteil solche Linien verwenden, wenn sie im Spektrum der zu untersuchenden Sterne vorkommen. Da die Drucke im elektrischen Funken oder im Bogenlicht die Lage der Spektrallinien beeinflussen, so wird man künftighin zum Vergleich sich mehr der Geislerschen Röhren zu bedienen haben.[2])

Zugleich hat Jewell mit Sicherheit eine Änderung in der Inten-

[1]) Nur wenige sichere Beobachtungen widersprachen bisher dieser Annahme. So hat Ebert gezeigt, dafs die Lage einer Fraunhoferschen Linie sich ändert, wenn der Betrag des in die Flamme gebrachten Materials variiert. Auch in der Intensität einer Linie sind Änderungen schon dadurch angedeutet, dafs der spektrale Charakter vieler Himmelskörper gewissen säkularen Variationen unterliegt. Sidgreaves konnte 1891 nach einigen mit einem Rowlandschen Gitter von 14438 Linien aufgenommenen Photogrammen die Abnahme in der Intensität einer bestimmten Linie nachweisen, während Ångström bereits vorher gewisse Änderungen allgemeiner Natur erkannt hatte.

[2]) Auch die über die Entstehung der neuen Sterne nach den Ergebnissen der Spektralforschung aufgestellten Hypothesen erscheinen gefährdet. Denn aus dem zusammengesetzten Spektrum dieser Körper (vgl. u. a. H. u. E. Bd. V S. 53 f., Bd. VI S. 328) folgt noch keineswegs, dafs diese Sterne aus zwei in entgegengesetzter Richtung bewegten Körpern bestehen, sondern es wird viel-

sität einer dunklen Linie im Sonnenspektrum wahrgenommen. Damit ist gezeigt, dafs nicht blofs Geschwindigkeits-, sondern auch Druckänderungen der verschiedenen Teile des Sonnenleibes sich von der Erde aus sofort konstatieren lassen, wenn man eines von den stark zerstreuenden Spektroskopen zu photographischen Aufnahmen verwendet. Unregelmäfsig oder periodisch schwankende Zustände der Gase und Dämpfe auf der Sonne werden so in den Bereich der Beobachtung gezogen, der solaren Meteorologie wird ein sicherer Grund gegeben werden.

Durch Jewells Untersuchungen werden aber — wie Hale in Astron. and Astroph. Febr. 1896 ausführt — die Entdeckungen, die Deslandres und er selbst über die doppelte Umkehrung der Spektrallinien der Sonne gemacht haben[3], und die übrigens Jewell bereits 1889 vorweg genommen hatte, mit einem eigentümlichen Lichte übergossen. Über den Fackeln erscheinen in einem stark zerstreuenden Spektroskope die Calciumlinien H und K hell und breit, sie enthalten aber eine dunkle Absorptionslinie, die im allgemeinen etwas nach der wenig brechbaren Seite hin verschoben erscheint, so dafs der rote Teil der Emissionslinie oft gar nicht zum Vorschein kommt. Damit erscheint also der helle Streifen unsymmetrisch entzweigeschnitten. Diese Erscheinung hat Deslandres auf etwa drei Vierteln der Sonnenscheibe wahrnehmen können; sie findet in der Nähe des Äquators so gut wie an den Polen der Sonne statt, aber sehr selten in geringer Entfernung vom Rande. Auch auf den Haleschen Photogrammen erscheint die brechbarere Komponente der Emissionslinie heller, wiewohl es ihm nicht den Eindruck macht, als ob das an einer Verschiebung der dunklen Linie liege.

Jewell und Deslandres halten beide diese Verschiebung der zentralen Linie für eine Folge der Bewegung in der umkehrenden Gasschicht. D. meint sogar aus der Gesamtheit der von ihm konstatierten Thatsachen schliefsen zu müssen, dafs in der Sonnenchromosphäre ähnliche Bewegungen wie in der irdischen Lufthülle stattfinden. Die niedrigen Schichten würden sich erheben und nach dem Äquator hingezogen werden, wie die Passate, daher zeigt der ihnen entsprechende Teil der Spektrallinie eine Annäherung an die Erde; die

mehr dadurch Bresters Ansicht gestützt, dafs die verschiedenen Linien in verschiedenen Tiefen, wo also auch andere Druckverhältnisse herrschen, ihren Ursprung haben. (Knowledge, Mai 1896.)

[3]) H. u. E. Bd. VI. S. 389 f.

hoben Schichten würden sich umgekehrt bewegen, was sich durch die umgekehrte Verschiebung verrät.

Nun hat aber D. selbst im elektrischen Funken auch ein unsymmetrisches Verhalten der Calciumstrahlen wahrgenommen, welches sich doch auch nach den neueren Untersuchungen durch die im Funken herrschenden Druckverhältnisse erklären liefse. Die H- und K-linien des Calciums entstehen nach Hale bei der Temperatur des brennenden Magnesiums und der Kohlenoxydgasflamme, während sie im Spektrum des Bunsenbrenners weder von Hale noch von Prof. Eder in Wien photographiert werden konnten trotz einer Expositionszeit von 64 Stunden. Hiernach scheint zwischen den beiden Temperaturen die Dissociation des Calciums einzutreten, und damit wird es — worauf Lockyer schon früher hingewiesen hat — erklärlich, dafs im elektrischen Bogen wie in den Protuberanzen die H- und K-linien sichtbar werden, die eben den dissoziierten Calciummolekülen ihren Ursprung verdanken.

Das Problem der Rotation der Sonne[4]) hat zwei eingehende Behandlungen von Crew und Dunér erhalten, die von einander abwichen und von Brester zu vereinigen versucht wurden. Die Frage, ob die Bresterschen Ideen Anerkennung verdienen, ob wirklich die in beiden Untersuchungen angewendeten Linien verschiedenen Teilen der umkehrenden Schicht ihren Ursprung verdanken, wird sich nach den neugewonnenen Erkenntnissen wahrscheinlich entscheiden lassen.

Auf einem anderen Wege ist diese Bestimmung von Stratonoff[5]) versucht worden, nämlich nach der Bewegung der Sonnenfackeln. Aus 400 in den Jahren 1891 bis 94 aufgenommenen Sonnenphotogrammen konnten 1024 Bestimmungen der Winkelgeschwindigkeit von Fackeln entnommen werden. Auch die Fackeln bewegen sich in verschiedenen Breiten der Sonne verschieden und zwar desto langsamer, je mehr sie vom Äquator entfernt sind. Aber das Gesetz hierfür läfst sich nicht in eine so einfache Form bringen, wie sie Carrington für die Sonnenflecke gefunden hat. In allen Breiten von 0° bis 40° scheinen die Fackeln sich rascher als die Flecken zu bewegen, während Dunérs Beobachtungen lehren, dafs die Photosphäre sich sogar noch langsamer als die Flecken dreht. Aller Wahrscheinlichkeit nach bewegen sich die Gebilde, die wohl drei verschiedenen Niveaus der Sonne entsprechen, nach drei verschiedenen Gesetzen. Sm.

[4]) Vgl. Bd. VIII. Heft 6 S. 274.

[5]) A. N. 3344.

Eine photometrische Expedition.

Wiederholt ist in unserer Zeitschrift von den Arbeiten die Rede gewesen, welche das mit reichsten Mitteln ausgestattete Harvard-College-Observatory zu Cambridge (Mass.) in Beziehung auf die Messung der Helligkeit der Sterne ausführen läfst. Nicht nur der ganze nördliche Sternhimmel ist einer photometrischen Durchmessung unterworfen worden, sondern die aufserordentlich umfangreichen Arbeiten erstrecken sich auch auf die Südhemisphäre. Das Observatorium hat bereits einigemale seine Beobachter auf hochgelegene, durch Klarheit des Himmels besonders begünstigte Stationen Südamerikas geschickt und schöne Resultate erzielt. Ein neuerdings von dem Observatorium veröffentlichter Katalog von 7922 Sternen des Südhimmels*) giebt uns Gelegenheit, über eine darin beschriebene Expedition des Prof. Bailey einige Mitteilungen zu machen, welche zeigt, mit welcher Beharrlichkeit die Amerikaner ihre wissenschaftlichen Zwecke verfolgen und wohl auch verfolgen können, da ihnen die Mittel zur Verfügung stehen. Der Beobachter war beauftragt, die möglichst günstigen Stationen in den Cordilleren zu benützen. Prof. Bailey begab sich demgemäfs in das Hochland von Peru. Nach mehreren Versuchen über die Durchsichtigkeit der Luft und die Dauer der Klarheit an einigen Orten entschied er sich zur Errichtung der Station für einen unweit von Chosica (unter 11° 51' südl. Br. $5^h\ 7^m$ v. Gr.) gelegenen 6600' hohen Berg. Dort wurde das Observatorium erbaut; dasselbe bestand aus Holzgestellen, die mit Canevas bekleidet und von aufsen und innen mit steifem Manillapapier überzogen wurden. Die zerlegbaren Hauptteile hatte die Expedition schon von den Vereinigten Staaten aus mit nach dem Süden genommen. Die Baulichkeiten, welche drei Hütten, nämlich die Beobachtungsabteilungen für das Meridian-Photometer und das Bache-Teleskop, samt Dunkelzimmer und Geräteraum, sowie das Wohnhaus mit Küche umfafsten, waren dem verwendeten Baumateriale entsprechend sehr leicht, die Küche beispielsweise wog samt Einrichtung nur hundert Pfund. Die Transportschwierigkeiten des umfangreichen Materials auf den sehr einsam gelegenen Berg waren bedeutend; allein an drei Wochen mufsten auf die Herstellung des an steilen Felsen und Abgründen dahinführenden Weges verwendet werden; weitere drei Wochen nahm der mit manchen Gefahren verbundene, über achtzig Mauleselladungen zählende Transport selbst in Anspruch. Da in der Einöde

*) Annals of the astronomical Observatory of Harvard College, vol. XXXIV, 1895. (Catalog of 7922 southern stars, observed with the Meridian Photometer 1889—91.)

weder Wasser zu finden, noch an Beschaffung von Lebensmitteln zu denken war, mufste eine regelmäfsige Zufuhr von Chosica aus eingerichtet werden. Die Auswahl der hierzu brauchbaren, verläfslichen Tiere und Menschen und deren Schulung war an und für sich eine Arbeit. Auf der Station hauate Prof. Bailey mit seinem Bruder, einem Assistenten, 2 Dienern, 2 Hunden, 2 Ziegen und einer Katze — und, was als rühmenswert für die Aufopferungsfähigkeit der amerikanischen Frauen hervorzuheben ist, auch mit Frau und Kind sechs Monate vom Mai bis November 1889. Das Klima erwies sich als aufserordentlich trocken, und dementsprechend war das Tier- und Pflanzenleben sehr gering. Am verbreitetaten schienen Eidechsen und Skorpione, namentlich die letzteren waren überall zu finden; sie machten sich selbst ala unerwünschte Gäste im Observatorium heimisch, wurden aber in keinem einzigen Falle durch Stechen gefährlich. Auch Taranteln, einige Schlangen, Fliegen u. dgl. gab es, dann und wann erschienen einige der riesigen Kondore. Die Bäumchen vor dem Observatorium waren so dürr, dafs sie ohne weiteres als Heizmaterial für die Küche verwendet werden konnten. Die Tagestemperatur blieb recht gleichmäfsig, die Nächte aber waren sehr kühl. Häufig stellten sich Wirbelwinde ein, die durch den Staub und Sand, welchen sie in das Observatorium und in die Wohnräume trugen, sich recht störend erwiesen. Der Himmel blieb im Mai und Juni ununterbrochen klar, war auch während Juli und August überwiegend wolkenfrei, und erst im September und Oktober nahm die Bewölkung so zu, dafs die wissenschaftliche Ausbeute der Beobachtungsabende nicht mehr dem wünschenswerten Stande entsprach. Prof. Bailey stellte deshalb mit Anfang November die Beobachtungen ein, das Meridian-Photometer wurde demontiert, um es auf eine günstigere Station transportieren zu können. Der Assistent, sowie die beiden Diener wurden zur Überwachung des Observatoriums zurückgelassen, Mrs. Bailey blieb mit dem Kinde in Lima, Prof. Bailey begab sich über Valparaiso nach dem äufsersten Süden Chiles, um nach einigen Versuchen über die Auswahl der neuen Station in der Nähe von Antofagasta, bei Pampa central, mit seinem Bruder zusammen zu treffen. Das Meridian-Photometer wurde bei den Etablissements der Salpeter-Compagnie aufgestellt. Die Gegend gehört zu den trockensten, regenfreiesten der Erde. Die aufserordentliche Klarheit der Luft bot dem Beobachter ein wahres Eldorado für seine Absichten. Von 29 Beobachtungsabenden des Januar waren 21 völlig klar, 7 zum gröfseren Teil klar, nur einer wolkig, im Februar 12 völlig, 13 zum Teil klar und 3 wolkig. Nach reicher

astronomischer Ausbeute erfolgte im März die Rückkehr über Chosica auf die Berg-Station, woselbst sich sämtliche Mitglieder wieder zusammenfanden. Die Beobachtungen daselbst wurden während des April, Mai und Juni fortgesetzt, doch erwies sich diesmal das Wetter nicht so günstig wie im Vorjahr; es fiel bei weitem mehr Regen, so dafs sich Prof. Bailey im September entschlofs, die Station ganz aufzuheben. Die Baulichkeiten und Instrumente wurden zerlegt, nach Lima transportiert und schliefslich nach Arequipa in Südperu eingeschifft. In der Nähe dieser Stadt fand Prof. Bailey eine geeignete Stelle für die Errichtung der Station und beobachtete daselbst noch vom Dezember 1890 bis Mai 1891. Bekanntlich ist Arequipa späterhin, nachdem auch Prof. Pickering sich mit reichen Mitteln dorthin begeben und ein Observatorium errichtet hat, der Ausgangspunkt einer Reihe merkwürdiger Beobachtungen über die Oberflächenbeschaffenheit der Planeten geworden. Prof. Bailey nahm indessen an diesen Beobachtungen nicht mehr teil, sondern kehrte im Mai 1891 nach Cambridge zurück. Die Messungen mit dem Meridian-Photometer haben ihm einen Katalog von nahe 8000 Sternen der südlichen Himmelshalbkugel geliefert, eine Arbeit, welche zur Konstatierung der Veränderungen der Helligkeit der Sterne fernerhin eine wichtige Grundlage bilden wird. Die hohen Kosten, welche die Expedition verursacht hat, und der wissenschaftliche Eifer und die Zähigkeit, mit der die amerikanischen Astronomen an die Sache gegangen sind, haben einen schönen Lohn in den Ergebnissen gefunden.

Sonderbare Gestalt einer Hagelwolke. Eine interessante Wolkenbeobachtung teilte Herr Baurat Streit in der „Meteorologischen Zeitschrift" (Januar 1896) mit. Am 27. April 1895 sah der Genannte von Venedig aus über den Julischen Alpen eine Wolkenbank schweben, aus der sich um 5 Uhr 15 Minuten erst ein und nach wenigen Minuten noch ein zweiter Wolkencylinder mit schirmartigem Schleierkranz emporhob, wie es unsere Reproduktion der sehr effektvollen Zeichnung des Beobachters darstellt (siehe Titelbild). Aus diesen konzentrischen Wolkentürmen stiegen dann noch von 5 Uhr 40 Min. an eigentümliche, kuppenförmige Erhebungen empor, die wohl den Höhepunkt des Phänomens dargestellt haben mögen, obgleich die weitere Entwickelung derselben durch fortschreitende Bewölkung nicht mehr beobachtet werden konnte. Dafs es sich hier um eine

Hagelwolke handelt, wird noch dadurch bekräftigt, dafs sich um 9 Uhr 30 Minuten über Venedig selbst ein ungeheuer heftiges, von Blitz und Donner begleitetes Hagelwetter entlud, das wohl sicherlich mit der am Spätnachmittag in der Ferne wahrgenommenen, sehr bemerkenswerten Wolkenbildung im Zusammenhang stand. Diese von Herrn Baurat Streit unter so günstigen Verhältnissen gemachte Beobachtung ist geeignet, die von den Meteorologen schon allgemein angenommene Vermutung direkt zu bestätigen, dafs die sogenannten Wärmegewitter durch einen sehr lebhaften, aufsteigenden Luftstrom bedingt sind; besonders bemerkenswert ist in dem vorliegenden Falle die scharfe Begrenzung dieser aufsteigenden Luftmasse, welche durch die aufserordentlich ergiebige Kondensation des vorher gelöst gewesenen Wassers dem Auge sichtbar wurde. F. Kbr.

Wieder einmal die Staubfrage.

Es war in den Jahren 1883 und 84, als eine Reihe vorher nicht beobachteter oder zum mindesten nicht genügend beachteter atmosphärischer Lichterscheinungen in augenfälliger Weise den ruhigen Verlauf durchbrach. Ich erinnere an die eigentümlichen Abendbeleuchtungen, den Bischopschen Ring, die leuchtenden Nachtwolken und an das auffällige Verschwinden des Mondes bei seinen Verfinsterungen, bei denen er sonst nur sein mildes Licht mit einem düstern Rot vertauscht, jetzt aber — wenn überhaupt — so höchstens durch ein grünliches Grau den Ort verriet, an dem er zu finden sei. Alle diese Erscheinungen sind bekanntlich durch die massenhafte Staubzufuhr erklärt worden, welche damals durch den Ausbruch des Vulkans Krakatoa im malaiischen Archipel der Lufthülle zu teil wurde.[1]) Durch ihre Leichtigkeit wurden jene Teilchen Monate, ja Jahre lang in der Luft schwebend erhalten, durch aufsteigende Luftströme immer höher empor geführt, infolge der Rotation der Erde über den Pacific nach Amerika geschoben und von dort in unaufhaltsamer Wanderung über den Atlantic und die Länder Europas verbreitet. So wenigstens lautete die plausibelste Hypothese, durch welche man die glänzenden Phänomene zu erklären vermochte. Später hat Aitken in Edinburg durch eine Reihe wohl gelungener Versuche und fleifsiger Beobachtungen die Rolle, welche der Staub bei der Hervorbringung meteorologischer Erscheinungen spielt, im einzelnen studiert.[2]) Seine Beobachtungen

[1]) H. u. E. S. 402 ff.

[2]) Vergl. u. a. H. u. E. Bd. IV S. 433 ff., Bd. VII S. 241 ff.

erfahren eine gute Ergänzung durch das von E. D. Friedländer auf einer Reise um die Welt 1894/95 gesammelte Material, das er am 15. April d. J. der kgl. meteor. Ges. zu London mitgeteilt hat.[3]) Die mit einem Aitkenschen Staubzähler vorgenommenen Messungen zeigten, dafs sich die Zahl der Stanbteilchen in einem sehr kurzen Zeitraum beträchtlich änderte. Der Staub kam nicht nur in der Luft bewohnter Länder, über Wasserflächen, die unmittelbar an sie stiefsen und bis zu einer Höhe von über 2000 m in den Alpen vor (sein Vorhandensein konnte selbst in einer Höhe von 4000 m direkt bewiesen werden), sondern auch über dem offenen Weltmeer, und zwar so weit von jedem Lande entfernt, dafs jede Möglichkeit einer künstlichen Verunreinigung ausgeschlossen war.

Andrerseits ist gegen die Krakatao-Hypothese ein Einwand erhoben worden, der nicht ohne neue Untersuchungen beseitigt werden konnte. Wie grofs auch immer das bei jenem Ausbruche der Atmosphäre zugeführte Material war, so mufste doch, wenn es über ein gewaltiges Areal, vielleicht über die ganze Erdoberfläche, ausgebreitet wurde, seine Dichtigkeit auf einen so geringen Grad herabgedrückt werden, dafs seine Wirkungen verschwindend kleine würden; insbesondere könnte die Durchsichtigkeit der Luft nicht so vermindert werden, wie es die Erklärung der genannten Erscheinungen verlangte. Nimmt man an, was sicher übertrieben ist, dafs dem Krakatao ein Betrag an Masse von 30 ckm verloren ging,[4]) die sich vollständig in Staub verwandelte und über den ganzen Erdball verteilte, so würde sich eine Schicht von nur 0,04 mm Dicke ergeben. Prof. Dufour zu Morges im Kanton Waadt hat zur Entscheidung dieser Frage zum Teil mit Unterstützung des Prof. Brunner in Lausanne eine Reihe von interessanten Überlegungen und messenden Versuchen[5]) angestellt. Dampfschiffe auf dem Genfer See verbreiten bei ruhigem Wetter eine recht anständige Dampfwolke, die schon die Sonnenstrahlen erheblich schwächt. Setzt man die Ausdehnung einer solchen zu 0,3 ha und nimmt man an, dafs sie aus einem Zentner Steinkohlen, den man von Zeit zu Zeit aufwirft, entsteht, derart dafs — was hoch gerechnet ist — 5 pCt. dieser Masse als unverbrannter Kohlenstaub in die Luft geht, so kommt man doch nur auf eine Schicht von $^1/_{1200}$ mm Dicke, die eine erhebliche Trübung der Luft hervorbringt. Will man das

[3]) Observatory, Mai 1896 S. 187.

[4]) Nach dem Berichte der Krakatao-Kommission waren es unseres Wissens nur 4,7 ckm ($1^1/_8$ engl. Kubikmeilen). D. Ref.

[5]) Ciel et terre 1. Mai 1896 S. 129 ff.

Mafs dieser Trübung mit demjenigen der Dicke der absorbierenden Schicht in Vergleich stellen, so liegt eine Methode nahe, die einfach in der Trübung eines Glases durch eine Rnfsschicht besteht. Es wurden Gläser von bestimmter Gröfse abgewogen und mit einer Rufsschicht bedeckt, dann wieder unter Anwendung aller erforderlichen Vorsichtsmafsregelungen der Wägung unterworfen, also mit Berücksichtigung des mit der Erwärmung und dem Barometerstande wechselnden Auftriebes der Luft. Die Resultate waren — wenn man das spezifische Gewicht der Kohle gleich 1,4 setzt —, dafs eine schwach opak erscheinende Platte nnr 0,00003 mm hoch, eine etwas stärker opake 0,00005 mm, eine Platte, durch die man irdische Gegenstände noch sehr gut unterschied, die aber zur Beobachtung der Sonne noch ungenügend geschwärzt war, 0,00010 mm und eine solche, durch die man nichts von irdischen Dingen, wohl aber die Sonnenscheibe ohne Anstrengung sehen konnte, 0,00049 mm hoch mit Rufs bedeckt war. Um die Sonne ganz zum Verschwinden zu bringen, genügte es, eine Schicht von $^1/_{692}$ mm darauf abzuschlagen. Hieraus schliefst Dufour, dafs eine Rufsschicht von solcher Dicke um die Erde absolute Dunkelheit hervorbringen müfste.[6])

Einige weitere Beobachtungen, die bereits bei früheren Gelegenheiten gemacht wurden, finden durch die neuen Erfahrungen eine wahrscheinlichere Erklärung als bisher. Wenn bei einem Ausbruche des Vulkans von Sumbava bei Celebes die Dunkelheit in 100 km Entfernung faktisch eine derartige war, dafs man die Hand vor den Augen nicht sehen konnte, so weifs man jetzt, dafs ein Kohlenplättchen von $^1/_{692}$ mm Dicke genügt, um diesen Effekt zu erzielen, während eine ähnliche Goldschicht dazu nicht ausreichen würde. Um die Erdkugel mit einer solchen Kohlenschicht zu bedecken, also um die dickste Finsternis zu erzeugen, würde eine Kugel von Kohle von nicht mehr als 560 m Radius genügen. Und um jenen schwachen Grad von Trübung, den die erstgenannte Platte zeigte, zu erzeugen, würde diese Kugel nur 153 m Radius zu besitzen brauchen.

Wenn man[7]) auf den Dächern der Pflanzengärten von Kew und Chelsea bei London 25 kg Kohlenstaub pro Hektar sammeln konnte,

[6]) Die Übertragung auf die in der Atmosphäre herrschenden Verhältnisse erscheint uns nicht direkt zulässig, weil beim weiteren Auseinanderrücken der Rufsteilchen, wie sie in der Luft stattfindet, durch die Beugung viel mehr Licht erhalten bleibt, als es beim Durchgange durch dieselbe Materialmenge auf einer geschwärzten Glasplatte geschieht. D. Ref.

[7]) H. u. E. Bd. IV S. 434, wo auch die Natur der Londoner Nebel, welche in den weniger bewohnten Stadtvierteln so viel schwächer sind, besprochen ist.

der sich innerhalb 14 Tagen dort abgeschlagen hatte, so bedeutet das eine Schicht von $^1/_{560}$ mm Dicke, die, wenn sie plötzlich sich bildete, alles Licht abschneiden müfste. Ähnlich ist es in Manchester, wo 8 kg schwarzen Staubes pro ha gesammelt wurden. Das in Manchester anlangende Sonnenlicht ist darum auch zwanzigmal so schwach als an staubfreien Orten der Schweiz.

Auch die trockenen Nebel von 1783 und 1831, bei denen man zuerst an den Durchgang der Erde durch einen Kometenschweif gedacht hatte, erklären sich leicht unter Annahme heftiger Vulkanausbrüche. 1783 wurde wohl auf dem zwölften Teil der Erdoberfläche eine deutliche Trübung der Luft wahrgenommen. Ganz ähnliche Erscheinungen in der Schweiz und in Savoyen wie nach dem Krakataoausbruche werden von Dufour aus dem Jahre 1863 gemeldet, und auch sie erklären sich durch vorangegangene vulkanische Eruptionen, sowie durch die Verbrennung grofser Torfmengen in Deutschland, wie sie den Höhenrauch erzeugt. Sm.

Neue Kometennachrichten. Der Komet 1889 V, entdeckt von Brooks am 6. Juli 1889 und berühmt wegen der Zerspaltung des Kernes in mehrere einzelne Teile, ist von Javelle in Nizza in seiner zweiten Erscheinung bereits am 20. Juni als sehr blasser Nebel nahe dem berechneten Orte aufgefunden worden.

An neuen Erscheinungen hat das Jahr 1896 bisher nur zwei aufzuweisen, deren Entdeckung fast gleichzeitig in den ersten Tagen des September erfolgt ist, die eine durch Giacobini in Nizza, die andere von dem unermüdlichen Kometenjäger Brooks. Infolge anhaltend ungünstigen Wetters kann zur Zeit nichts Genaueres über das Aussehen der Kometen mitgeteilt werden; der von Giacobini aufgefundene scheint indefs sehr schwach zu sein. W.

Bibliographisches

R. F. Glazebrook, Grundrifs der Wärme für Studierende und Schüler. Deutsch von Schönrock. Berlin 1896.

Bei der schulgemäfsen Behandlung der Physik werden die zahlenmäfsigen Bestimmungen schon aus Mangel an Zeit sehr in den Hintergrund treten müssen. In vielen Fällen wird es möglich sein, ein Gesetz abzuleiteu, ohne exakte quantitative Bestimmungen vorzunehmen. Aber um so wichtiger ist es für diejenigen, die in die wissenschaftliche Methode sich einarbeiten wollen, sich mit den messenden Versuchen vertraut zu machen, welche zur Ergründung der Gesetze führen. Nur wenn man die Apparate in seinen eigenen Händen entstehen, wenn man beim Experimentieren die Zahlen vor seinen Augen zum Vorschein kommen sieht, wenn man behutsam bedacht sein mufs, die Fehlerquellen, welche die Ergebnisse entstellen, möglichst auszuschliefsen oder bei späterer Rechnung in Betracht zu ziehen, versteht man ganz und gar die sorgfältige Forscherarbeit, welche der Eruierung selbst einfacher physikalischer Gesetze vorhergehen mufste. Dazu bietet das vorliegende Werkchen eine durchaus genügende Anleitung. Es hält die richtige Mitte zwischen einer ganz seichten, mit dem rohesten Zahlenmaterial sich zufrieden gebenden Darstellung und der strengen, auf höhere Mathematik gegründeten, welche den Anfängern verschlossen bleiben mufs. Von der niedern Mathematik wird mit Recht ein ausgiebiger Gebrauch gemacht; so sehr man im physikalischen Unterricht ihren Gebrauch einschränken wird, bei einem für die private Beschäftigung bestimmten Buche ist sie am Platze, und es wird den Lesern Freude machen, ihre Stärke im Besitze dieser Kenntnisse durch Lösung der gestellten experimentellen und rechnerischen Aufgaben zu zeigen. Die Darstellung zeichnet sich durch grofse Präzision und Klarheit aus. Sm.

Verzeichnis der vom 1. Februar 1896 bis 1. August 1896 der Redaktion zur Besprechung eingesandten Bücher.

Annuaire de l'observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1896. Météorologie — Chémie — Micrographie. Application à l'hygiène. Paris, Gauthier-Villars et Fils.

Annuaire de l'observatoire royal de Belgique par F. Folie 1896, 63e année, Bruxelles.

Astronomical Observations and Researches made at Dunsink. The Observatory of Trinity College, Dublin. VII. Part. Dublin, 1896. Hodges, Figgis and Co.

Bebber, J. van, Die Beurteilung des Wetters auf mehrere Tage voraus. Stuttgart, 1896. F. Enke.

Bendt, Technische Aufsätze, erstes Heft. Meyer's Volksbücher. Leipzig-Wien. Bibliographisches Institut.

Blanckenhorn, M., Entstehung und Geschichte des Todten Meeres. Ein Beitrag zur Geologie Palästinas. Mit 4 Tafeln und 8 Abbildungen im Text.

Contributions from the Lick Observatory No. 4. Report of the total Eclipse of the sun, observed at Mina Bronces, Chile, on April 16 1893 by J. M. Schaeberle. Sacramento State office, 1895. A. J. Johnston, Supt. State Printing.

Contributions from the Lick Observatory No. 5. Meteors and Sunsets. Observed by the astronomers of the Lick Observatory 1893, 1894, 1895. Sacramento, 1895. A. J. Johnston, Supt. State Printing.

David, L., Ratgeber für Anfänger im Photographieren. Halle a. S. W. Knapp.

Elster, J., und Geitel, Über die angebliche Zerstreuung positiver Elektricität durch Licht. (Separat-Abdruck.) Leipzig, 1896. Barth.

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der Landesstationen in Bosnien-Hercegovina im Januar 1894. Wien, 1895. Bosnisch-Hercegovinische Landesregierung.

Fortschritte der Physik im Jahre 1894. Dargestellt von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin. 50. Jahrgang, zweite Abteilung. Physik des Äthers. Redigiert von R. Börnstein. Braunschweig, 1896. Vieweg & Sohn.

Funck-Brentano, Th., Méthode et Principes des sciences naturelles. Introduction à l'étude de la médecine. Paris, 1896. Bataille & Cie, Libraires-éditeurs.

Geisteshelden, 22. Band: Kepler, Galileï von Prof. Sigm. Günther. Berlin, 1896. Ernst Hofmann & Co.

Glazebrook, R., Grundriss der Wärme. Deutsch herausgegeben von Dr. O. Schönrock. Mit 88 Figuren im Text. Berlin S., 1896. Calvary & Co.

Goetze, C., Die Sonne ist bewohnt; ein Einblick in die Zustände im Universum. Berlin, W., 1896.

Guillaume, Ch. Ed., Les Rayons X et la photographie à travers les corps opaques. II. Aufl. Paris, 1896. Gauthier-Villars.

Hildebrandson, Hildebrand, Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique de l'Université d'Upsal. Vol. XXVI. Année 1895. Upsal, 1895/1896. E. Berling.

Hussak, O., Katechismus der Mineralogie. 5. Aufl. Mit 154 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig, 1896. J. J. Weber.

Jahrbuch der meteorologischen Beobachtungen der Wetterwarte der Magdeburger Zeitung. 13. Jahrgang, 1894. Magdeburg, 1895. G. W. Grützmacher.

Käuffer, P., Energie-Arbeit. Mainz, 1896. Von Zabern.

Kayser, E., Wolkenhöhenmessungen. Mit 5 Tafeln. (Sonderabdruck aus den Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig. N. F. Band IX, Heft 1, 1895.) Leipzig, 1895. W. Engelmann.

Knuth, P., Flora der Nordfriesischen Inseln. Kiel und Leipzig, 1895. Lipsius & Tischer.

Knuth, P., Flora der Insel Helgoland. Kiel, 1896. Lipsius & Tischer.

Knuth, P., Blumen und Insekten auf Helgoland. Mit einer Karte. (Separat-Abdruck.) Kiel, 1896, Lipsius & Tischer.

Koppe, C., Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung. Mit Abbildungen und 5 Tafeln. Braunschweig, 1895. Vieweg & Sohn.

Korn, A., Eine Theorie der Gravitation und der elektrischen Erscheinungen auf Grundlage der Hydrodynamik. Zweite Aufl. I. Teil: Die Grundlagen der Hydrodynamik und die Theorie der Gravitation. Berlin, 1896. Ferd. Dümmler's Verlag.

Lang, O., Die Bildung des Harzgebirges. Mit 2 Tafeln in Farbendruck. Hamburg, 1896. Verlags-Anstalt und Druckerei Aktien-Gesellschaft (vorm. Richter).

Mach, E., Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. Mit 46 Abbildungen. Leipzig, 1896. Barth.

Marcuse, Ad., Die atmosphärische Luft. — Eine allgemeine Darstellung ihres Wesens, ihrer Eigenschaften und ihrer Bedeutung. Berlin, 1896. Friedländer & Sohn.

Marpmann, G., Zeitschrift für angewandte Mikroskopie. I. Band, Heft 1—12, (April — März), Leipzig, 1895/1896. Berliu, Gebrüder Borntraeger. — Leipzig, Robert Horst.

Marth, A., Ephemeris for physical Observations of the moon 1896.

Mewes, R, Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schwerkraftstrahlen und deren Wirkungsgesetze. Berlin 1896. Fischer's technologischer Verlag.

Meyer, R., Die chemische Synthese, ihre Bedeutung für die Wissenschaft und das Leben. Hamburg, 1896. Verlags-Anstalt und Druckerei Aktien-Gesellschaft (vorm. Richter).

Neumann, C, Allgemeine Untersuchungen über das Newton'sche Prinzip der Fernwirkungen mit besonderer Rücksicht auf die elektrischen Wirkungen. Leipzig, 1896. R. G. Teubner.

Observations méridiennes de la Planète Mars pendant l'opposition de 1892. Real observatorio astronomico de Lisboa. Lisbonne, 1895. Imprimerie nationale.

Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften: Nr. 72, Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen von G. Kirchhoff und R. Bunsen (1860). Nr. 73, Zwei Abhandlungen über sphärische Trigonometrie von L. Euler (1753 und 1779). Leipzig, 1896. Wilh. Engelmann.

Polis, P., Über wissenschaftliche Ballonfahrten und deren Bedeutung für die Physik der Atmosphäre. (Vortrag, gehalten in der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Aachen.) Mit Illustrationen. Aachen, 1896.

Publications of the Washburn Observatory of the University of Wisconsin. Vol. IX. Part I. Investigation of the Aberration and Atmospheric Refraction. By G. C. Comstock. Part II. Determinations of Right Ascension. By A. S. Flint. Madison, Wis.: Democrat Printing Company, State Printer, 1893.

Resultate der Beobachtungen in Kasan, betreffend die Veränderlichkeit der Polhöhe. II. Beobachtungsreihe 3. Juli 1893 — 11. Januar 1895 von M. A. Gratscher und J. P. Koonuch-Trozki. Kasan, 1896.

Röntgen, W. K., Eine neue Art von Strahlen. II. Mitteilung. Würzburg, 1896.

Sànchez, A., La Cornoide. Sansalvador, Imprenta Nacional.

Sauter, F., Über Kugelblitze. Hamburg, 1895. Verlags-Anstalt und Druckerei Aktien-Gesellschaft.

Sapruk, F. F., Die Erde steht, die Sonne geht, oder ein neuer Feldzug gegen das Kopernikanische Weltsystem auf den Gebieten der Mathematik, Physik, Astronomie, Geologie und Meteorologie. Mit 4 in den Text gedruckten Figuren. Lorento — Marcho — Italien — Brancondi, 1896.

Sewell, R., The Indian Calendar. With Tables of Eclipses Visible in India by Dr. R. Sobram. London, Swan Sonnenschein & Co.

Stnder, Jul., Schweizer Ortsnamen. Ein historisch-etymologischer Versuch. 3. und 4. (Doppel-)Lieferung, Schluss. Zürich, 1896. Fr. Schulthess.

Tabbert, R., Nach den Transvaal-Goldfeldern. Schilderung von Land und Leuten. Zugleich ein Führer für Touristen und Auswanderer. Fünf Illustrationeu. Berlin, 1896. Schmitz & Bukofzer.

Tisserand, F., Traité de Mécanique céleste. Tome IV. Paris, 1896. Gauthier-Villars et Fils.

Valentiner, W., Handwörterbuch der Astronomie mit Abbildungen. Liefer. 1 bis 3. Breslau, Ed. Trewendt.

Vetter, Benjamin, Die moderne Weltanschauung und der Mensch. Zweite Auflage. Jena, Gustav Fischer.

Vogel, E., Taschenbuch der praktischen Photographie. 4. Anflage. Berlin, Robert Oppenheimer.

Weise, W., Die Kreisläufe der Luft nach ihrer Entstehung und einigen ihrer Wirkungen. Mit 8 Textfiguren und 4 lithographischen Tafeln. Berlin, 1896. Julius Springer.

Weiss, S. E., Schul- und Excursionsflora von Deutschland. München und Leipzig, 1894. Dr. E. Wolff, Wissenschaftlicher Verlag.

Wildermann, N., Jahrbuch der Naturwissenschaften 1895—1896. Freiburg i. Breisgau, 1896. Herdersche Verlagsbuchhandlung.

Willkomm, M., Bilderatlas des Pflanzenreichs. 4.—15. Lieferung. Esslingen, J. F. Schreiber.

Wünsche, O., Excursionsflora für das Königreich Sachsen und die angrenzenden Gegenden. Die höheren Pflanzen. 7. Aufl. Leipzig, 1895. B. G. Teubner.

Verlag: Hermann Paetel in Berlin. — Druck: Wilhelm Gronau's Buchdruckerei in Berlin-Schöneberg.
Für die Redaction verantwortlich: Dr. M. Wilhelm Meyer in Berlin.